

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK DC TENAGA  
ANGIN BERBASIS ARDUINO**



**ABDUL GOFFAR AL MUBAROK**

**5215134375**

**Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan**

**Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK ELEKTRONIKA**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

NAMA

TANDA TANGAN

TANGGAL

Drs. Wisnu Djatmiko, MT.



9/2 2018

(Dosen Pembimbing I)

Dr. Muhammad Yusro, MT., Ph.D



8/2 2018

(Dosen Pembimbing II)

## PENGESAHAN PANITIA UJIAN SIDANG

Dr. Moch. Sukardjo, M.Pd



6/2018  
2

(Ketua Penguji)

Drs. Jusuf Bintoro, MT.



8/2-2018.

(Sekretaris Penguji)

Diat Nurhidayat, MT.,I.



8/2 2018

(Dosen Ahli)

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis yang saya buat adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan atau kekeliruan dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 26 Januari 2018

Yang membuat pernyataan,



**Abdul Goffar Al Mubarak**  
**5215134375**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan barokah sehingga penelitian skripsi dengan judul **Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino** yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pendidikan dari program studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika Universitas Negeri Jakarta.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Drs. Pitoyo Yuliatmojo, M.T sebagai Ketua Program Studi S1 Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika UNJ.
2. Drs. Wisnu Djatmiko, M.T sebagai Dosen Pembimbing I.
3. Dr. Muhammad Yusro, M.T sebagai Dosen Pembimbing II.
4. Tim IT & Elektro Nano Center Indonesia dan Tim Lentera Angin Nusantara yang telah memberikan tambahan wawasan terkait penelitian ini.
5. Kepada kedua orang tua yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian skripsi ini dengan baik.
6. Teman-teman seperjuangan yang saling memberikan dukungan.

Semoga skripsi ini dapat berguna bagi pembaca.

Jakarta, 26 Januari 2018

Peneliti

## ABSTRAK

Abdul Goffar Al Mubarak, Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2018. Dosen Pembimbing: Drs. Wisnu Djatmiko, M.T dan Dr. Muhammad Yusro, M.T, Ph.D.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem pembangkit listrik DC tenaga angin berbasis Arduino. Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika, Gedung L Lantai 4 Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta sejak Juli 2017 sampai dengan Januari 2018.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode rekayasa teknik dengan model pengembangan Borg & Gall melalui 4 langkah, yaitu analisis kebutuhan, perencanaan dan perancangan, pengembangan, pengujian dan perbaikan.

Pembangkitan listrik DC dilakukan oleh generator DC yang dihubungkan dengan turbin angin tipe *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) dengan tiga bilah atau *three blade propeller*. Tegangan keluaran generator dikonversi oleh modul *buck boost converter XL6009* tetap pada kisaran 15V yang digunakan untuk mengisi baterai tipe *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) atau *accumulator* dengan tegangan kerja 12V dan kapasitas 7.2Ah. Baterai berfungsi sebagai suplai daya bagi sistem yang mengirimkan informasi data kecepatan angin, arah angin, tegangan generator, arus generator, tegangan pengisian baterai, dan arus pengisian baterai berbasis *Internet of Things* (IoT). Data dikirimkan ke *web server* dengan menggunakan *GSM/GPRS Shield* SIM900.

Pengujian sistem dilakukan melalui tiga tahap, pertama dilakukan pengujian pengisian baterai dengan sumber tenaga listrik hasil konversi dari tenaga angin yang dilakukan selama 12 jam, hasilnya tegangan baterai bertambah dari kondisi awal 12.13 Volt menjadi 13 Volt setelah selesai dilakukan pengisian baterai dan saat kondisi baterai penuh, sistem secara otomatis memutuskan sambungan terminal pengisian baterai dengan *relay switch*. Pengujian kedua adalah pengujian pengosongan baterai atau penggunaan daya oleh beban, hasilnya kondisi baterai penuh dapat menyuplai daya bagi sistem selama 20 jam penggunaan sensor, LCD, dan *GSM/GPRS Shield* yang digunakan untuk mengirimkan data ke *web server*. Pengujian ketiga adalah pengujian pengiriman data dan tampilan data informasi dengan antarmuka yang dapat diakses melalui *web browser* dengan membuka *website* dan memilih untuk menampilkan *channel* 402026, serta melalui *smartphone* Android dengan aplikasi ThingView, hasilnya data dapat dilihat melalui *web browser* dan *smartphone*.

Kata-Kata Kunci : Rancang Bangun Sistem, Turbin Angin, *Charge Controller*, Arduino, IoT.

## ABSTRACT

Abdul Goffar Al Mubarak, Design of Arduino-Based Wind DC Power Generation System. *Skripsi*. Jakarta, Electronic Engineering Vocational Education Program, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta, 2018. Supervisor: Drs. Wisnu Djatmiko, M.T and Dr. Muhammad Yusro, M.T, Ph.D.

This research aims to design an Arduino-based wind power generation DC system. The research was conducted at the Electronics Laboratory, L Building 4th Floor Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta from July 2017 until January 2018.

The research method used is engineering method with Borg & Gall development model through 4 steps, namely need assessment, planning & design, development, testing and revising.

DC power generation is done by a DC generator connected to a Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) type wind turbine with three blades or three blade propellers. The output voltage of the generator is converted by a fixed XL6009 buck-boost converter module in the 15V range used for Valve Regulated Lead Acid (VRLA) battery type or accumulator with 12V working voltage and 7.2Ah capacity. The battery serves as a power supply for systems that transmit wind speed, wind direction, generator voltage, generator, battery charging, and battery-based charging data based on the Internet of Things (IoT). Data is sent to the web server using GSM / GPRS Shield SIM900.

The test of the system is done through three stages, the first is battery charging test with electric power source converted from wind power done for 12 hours, the result battery voltage increased from initial condition 12.13 Volt to 13 Volt after finished charging battery and when battery condition is full, the system automatically disconnects the battery charging terminal using relay switch. The second test is battery discharge test or power usage by the load, the result of full battery condition can supply power for the system for 20 hours for the usage of sensors, LCD, and GSM / GPRS Shield used to transmit data to web server. The third test is testing data transmission and display data information with the interface that can be accessed through the website by opening a web browser and choose to display channel 402026, and through Android smartphone with ThingView application, the data result can be seen through the web browser and smartphone.

Keywords: System Design, Wind Turbine, Charge Controller, Arduino, IoT.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan Penelitian .....	5
1.6 Manfaat .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Landasan Teori .....	6
2.1.1 Definisi Sistem .....	6
2.1.2 Definisi Rancang Bangun Sistem .....	6
2.1.3 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu atau Tenaga Angin .....	7
2.1.4 Arduino .....	15
2.1.5 <i>Internet of Things</i> .....	18
2.1.6 <i>Web</i> .....	19
2.1.7 <i>Database</i> .....	20
2.1.8 <i>GSM/GPRS Shield</i> .....	21
2.2 Penelitian Terkait .....	22
2.3 Kerangka Berpikir .....	27
2.3.1 Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin yang Dirancang .....	27
2.3.2 Diagram Blok Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino .....	28
2.3.3 Diagram Alir Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino .....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	30

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	30
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	30
3.3	Metode Penelitian.....	31
3.3.1	Prosedur Penelitian.....	32
3.4	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data .....	44
3.4.1	Teknik Pengumpulan Data .....	44
3.4.2	Prosedur Pengumpulan Data .....	45
3.5	Teknik Analisis Data .....	48
BAB IV HASIL PENELITIAN .....		49
4.1	Deskripsi Hasil Penelitian .....	49
4.1.1	Prinsip Kerja Sistem Pembangkit Tegangan DC Tenaga Angin Berbasis Arduino .....	49
4.1.2	Rincian Bagian Sistem Pembangkit Tegangan DC Tenaga Angin Berbasis Arduino .....	50
4.2	Analisis Data Hasil Penelitian.....	52
4.2.1	Pengujian Modul <i>Buck Boost Converter</i> XL6009 .....	52
4.2.2	Pengujian Sensor Tegangan .....	54
4.2.3	Pengujian <i>Relay Switch</i> .....	55
4.2.4	Pengujian Sensor Anemometer .....	55
4.2.5	Pengujian Sensor Arus MAX471 .....	56
4.2.6	Pengujian Sensor Arah Angin (Kompas) .....	57
4.2.7	Pengujian Sistem Secara Keseluruhan .....	58
4.3	Pembahasan .....	68
4.4	Aplikasi Hasil Penelitian .....	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		76
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA .....		78
LAMPIRAN.....		81
	Sketch Program Arduino .....	82
	Dokumentasi Pengujian Modul <i>Buck Boost Converter</i> XL6009 .....	93
	Dokumentasi Pengujian Sensor Tegangan .....	96
	Dokumentasi Pengujian <i>Relay Switch</i> .....	98
	Dokumentasi Pengujian Sensor Anemometer .....	100
	Dokumentasi Pengujian Sensor Arus MAX471 .....	102
	Dokumentasi Pengujian Sensor Arah Angin .....	104



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem PLTB .....	8
Gambar 2.2 Skema Aliran Konversi Energi Angin Menjadi Energi Mekanik .....	9
Gambar 2.3 Skema Konversi Energi Mekanik Menjadi Energi Listrik.....	10
Gambar 2.4 Pita Tegangan dan Persentase Baterai 12V .....	15
Gambar 2.5 Arduino Mega 2560 .....	16
Gambar 2.6 Tampilan Arduino IDE.....	18
Gambar 2.7 Diagram blok penelitian “Pengendalian Sumber Tegangan untuk Charging Accu pada Pembangkit Listrik Hybrid Berbasis Arduino Mega 2560” .....	23
Gambar 2.8 Diagram blok sistem penelitian “On the Use of an Arduino-based Controller to Control the Charging Process of a Wind Turbine” .....	24
Gambar 2.9 Diagram blok sistem penelitian “Development of a Charge Controller Dedicated to the Small Wind Turbine System” .....	25
Gambar 2.10 Diagram blok sistem penelitian “Analysis and Design of a Fuzzy Logic Controlled Buck Boost Converter For a Wind Turbine Power Generation” .....	26
Gambar 2.11 Konsep Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin yang Dirancang .....	27
Gambar 2.12 Diagram Blok Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino.....	28
Gambar 2.13 Diagram Alir Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino.....	29
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	32
Gambar 3.2 Baterai yang Digunakan .....	33
Gambar 3.3 Sensor Arus MAX471 .....	35
Gambar 3.4 Resistor Daya Sebagai Sensor Arus Keluaran .....	36
Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Tegangan .....	37
Gambar 3.6 Desain Turbin Angin.....	38
Gambar 3.7 Rangkaian Modul LM2596 Untuk Suplai Tegangan Arduino.....	38
Gambar 3.8 Penempatan Sensor RPM.....	39
Gambar 3.9 Sensor Kecepatan Angin (Anemometer).....	40
Gambar 3.10 Sensor Arah Angin (Kompas) .....	40
Gambar 3.11 GSM/GPRS Shield SIM900.....	41
Gambar 3.12 Tata Letak Kotak Rangkaian dan Tata Letak Panel Kotak .....	41
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> Pemrograman.....	42

Gambar 3.14 Pemetaan <i>Input/Output</i> Arduino Mega 2560 .....	43
Gambar 4.1 Turbin Angin dan Anemometer .....	50
Gambar 4.2 Bagian Dalam Kotak Panel .....	50
Gambar 4. 3 Bagian Dalam Kotak Rangkaian .....	51
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Modul <i>Buck Boost Converter</i> Dijaga Konstan 15V .....	53
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Pengukuran dengan Voltmeter dan Pengukuran dengan Sensor Tegangan.....	54
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Sensor Arus MAX471 .....	57
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dengan Tegangan Keluaran Generator dan Daya Keluaran Generator .....	60
Gambar 4.8 Grafik Tegangan Baterai Dari Kondisi Kosong Sampai Kondisi Penuh.....	61
Gambar 4.9 Grafik Tegangan Baterai Saat Pengosongan .....	62
Gambar 4.10 Akses Tampilan Data Sistem Pada <i>Channel</i> di ThingSpeak Melalui <i>Web Browser</i> di Laptop.....	63
Gambar 4.11 Akses Tampilan Data Sistem Pada <i>Channel</i> di ThingSpeak Melalui Aplikasi ThingView di <i>Smartphone</i> Android .....	64
Gambar 4.12 Grafik Kecepatan Angin di Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta Pada 16 Januari 2018 .....	68
Gambar 4.13 Grafik Arah Angin dan Kecepatan Angin ( <i>Windrose Diagram</i> ) di Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta Pada 16 Januari 2018 ...	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan .....	2
Tabel 2.1 Potensi Energi Baru dan Terbarukan .....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Teknis Arduino Mega 2560.....	17
Tabel 3.1 Spesifikasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis Arduino .....	33
Tabel 3.2 Spesifikasi Modul <i>Buck Boost Converter</i> .....	34
Tabel 3.3 <i>Library</i> dan Perangkat Terkait .....	43
Tabel 3.4 Pengujian Tegangan Keluaran Modul <i>Buck Boost Converter</i> Dijaga Konstan 15V .....	45
Tabel 3.5 Pengujian Sensor Tegangan .....	46
Tabel 3.6 Pengujian <i>Relay Switch</i> .....	46
Tabel 3.7 Pengujian Sensor Anemometer .....	47
Tabel 3.8 Pengujian Sensor Arus MAX471 .....	47
Tabel 3.9 Pengujian Sensor Arah Angin (Kompas).....	48
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Modul <i>Buck Boost Converter</i> Dijaga Konstan 15V .....	53
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Tegangan .....	54
Tabel 4.3 Pengujian <i>Relay Switch</i> .....	55
Tabel 4.4 Pengujian Sensor Anemometer .....	56
Tabel 4.5 Pengujian Sensor Arus MAX471 .....	56
Tabel 4. 6 Pengujian Sensor Arah Angin (Kompas).....	57
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Pembangkitan Listrik Dengan Tenaga Angin .....	59
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Pengisian Baterai Dengan Sumber Listrik DC Tenaga Angin .....	60
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Pengosongan Baterai .....	62
Tabel 4.10 Data Kecepatan Angin dan Arah Angin yang Tersimpan di <i>Web Server</i> Pada Tanggal 16 Januari 2018 .....	64

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Sebagaimana diketahui dalam Undang – Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan menetapkan bahwa sumber energi primer yang terdapat di dalam negeri dan/atau berasal dari luar negeri harus dimanfaatkan secara optimal sesuai dengan kebijakan energi nasional untuk menjamin penyediaan tenaga listrik yang berkelanjutan, dan selanjutnya ditetapkan juga bahwa dalam pemanfaatan tersebut diutamakan sumber energi baru dan terbarukan. Kebijakan tersebut di atas sejalan dengan ketentuan dalam Undang – Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi bahwa energi dikelola berdasarkan asas kemanfaatan, rasionalitas, efisiensi, berkeadilan, peningkatan nilai tambah, keberlanjutan, kesejahteraan masyarakat, pelestarian fungsi lingkungan hidup, ketahanan nasional, dan keterpaduan dengan mengutamakan kemampuan nasional.

Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) memiliki misi menjalankan kegiatan usaha yang berwawasan lingkungan. Hal ini sejalan dengan Peraturan Pemerintah No. 79/2014 tentang Kebijakan Energi Nasional serta Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 2 tahun 2006 tentang Pengusahaan Pembangkit Listrik Tenaga Energi Terbarukan Skala Menengah. Dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2016 – 2025 sesuai Keputusan Menteri ESDM Nomor 5899 Tahun 2016 yang dikeluarkan tanggal 10 Juni 2016, PLN merencanakan pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) yang meliputi pengembangan panas bumi yang sangat besar, pembangkit tenaga air skala besar, menengah dan kecil, pembangkit

tenaga angin skala besar dan kecil serta EBT skala kecil tersebar berupa PLTS, biomassa, *biofuel*, biogas dan gasifikasi batubara/energi baru (KESDM 2016).

Untuk mendukung pengembangan EBT di Indonesia, diperlukan pemetaan potensi EBT yang ada di Indonesia. Adapun sumber daya dan potensi EBT di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.1.

**Tabel 1.1 Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan**

No	Jenis Energi	Sumber	Cadangan	Potensi	Kapasitas
1	Panas Bumi	12,386 MWe	16,524 MWe	28,910 MW	1,403.5 MW
2	Hidro	75,000 MW		45,379 MW	8.671 MW*
3	Mini-mikrohidro				2,600.76 KW
4	Biomassa	32,654 MWe			1,626 MW (Off Grid)
5	Energi surya	4.80			14,006.5 KW
6	Energi angin	970 MW*			1.96 MW**
7	Uranium	3,000 MW***			30 MW***
8	<i>Shale gas</i>	574 TSCF***			
9	Gas metana	456.7			
10	Gelombang laut	1,995.2 MW*			
11	Energi panas laut	41,102 MW*			
12	Pasang surut	4,800 MW*			

**Sumber: Direktorat Jendral EBTKE, 2015; \*) Direktorat Jendral EBTKE, 2014; \*\*) Direktorat Jendral EBTKE, 2013; \*\*\*) Kementerian ESDM, 2013**

Sumber: Outlook Energi Indonesia 2016 – Pengembangan Energi untuk Mendukung Industri Hijau

Energi angin merupakan EBT yang belum mendapat perhatian cukup karena kurangnya informasi yang tentang potensinya, beberapa turbin angin percontohan yang belum dikelola dengan baik serta yang dibangun tanpa memperhatikan kelayakan teknis menimbulkan banyak keraguan akan potensi energi angin di

Indonesia. Indonesia memiliki potensi energi angin yang cukup baik. Berdasarkan data dari Kementerian ESDM, potensi tenaga angin di Indonesia berada di kisaran 3-6 m/s dan sumber daya yang tersedia sebesar 970 MW (Wargadalam 2014).

Meskipun secara alamiah potensi energi angin di Indonesia relatif kecil karena terletak di daerah khatulistiwa, namun ada beberapa daerah yang secara geografi merupakan daerah aliran angin karena merupakan wilayah *nozzle effect* atau penyempitan antara dua pulau atau daerah lereng gunung antara dua gunung yang berdekatan. Sumber energi bayu atau energi angin berasal dari pergerakan udara akibat perubahan temperatur udara karena pemanasan dari radiasi matahari. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah pembangkit listrik energi terbarukan yang tumbuh pesat di berbagai negara maju. Indonesia belum menguasai teknologi turbin angin yang modern sepenuhnya, sehingga masih dibutuhkan riset yang intensif untuk mengembangkan turbin angin yang cocok dengan kondisi potensi energi angin di Indonesia (KESDM 2016).

PLTB merupakan pembangkit dengan sumber energi *intermittent*, menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang fluktuatif sesuai dengan potensi energi angin. Fluktuasi kecepatan angin menyebabkan tidak stabilnya energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh sistem yang dapat mempengaruhi umur baterai yang menjadi media penyimpanan energi listrik.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi energi angin di Indonesia sebagai sumber energi alternatif?
2. Bagaimana mengetahui fluktuasi kecepatan angin di suatu lokasi?
3. Bagaimana rancangan bangun sistem pembangkit listrik tenaga angin?
4. Bagaimana cara kerja sistem pembangkit listrik tenaga angin?

### 1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka peneliti membatasi penelitian ini pada perancangan bangun sistem pembangkit tegangan dc tenaga angin berbasis Arduino. Rincian penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut, yaitu:

1. Menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai pengendali sistem.
2. Menggunakan *GSM/GPRS Shield* sebagai pengirim data sistem ke *web server*.
3. Menggunakan baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) 12V 7.2Ah merek Voz.
4. Menggunakan generator DC 0V-120V 550mA.
5. Menggunakan turbin angin tipe *propeler* atau *horizontal axis wind turbine* (HAWT) berbahan PVC.
6. Menggunakan rangkaian modul *buck boost converter* dan *relay switch* sebagai pengendali pengisian baterai.
7. Pengujian dilakukan di Laboratorium Elektronika, Gedung L Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

#### **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka perumusan masalah untuk penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah merancang bangun sistem pembangkit listrik DC tenaga angin untuk mengisi baterai berbasis Arduino?
2. Bagaimanakah merancang sistem informasi kecepatan angin, arah angin, dan tegangan baterai berbasis *Internet of Things* (IoT)?

#### **1.5 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem pembangkit listrik DC tenaga angin berbasis Arduino.

#### **1.6 Manfaat**

Penelitian dapat memberikan manfaat untuk beberapa bidang yaitu:

1. Pendidikan

Memberikan referensi studi penelitian pada bidang studi terkait, khususnya bagi mahasiswa pendidikan vokasional teknik elektronika.

2. Keteknikan

Memberikan informasi kecepatan angin dan arah angin di lokasi tertentu untuk pengembangan riset tentang pembangkit listrik tenaga angin.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

##### **2.1.1 Definisi Sistem**

Sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja secara bersama-sama untuk memenuhi tujuan tertentu. Sistem tidak terbatas pada sistem fisik saja. Konsep sistem dapat digunakan pada banyak gejala yang bersifat abstrak dan dinamis seperti yang dijumpai dalam ekonomi. Oleh karena itu istilah “sistem” harus diinterpretasikan untuk menyatakan sistem fisik, biologi, ekonomi, dan sebagainya (Ogata 1997).

Menurut Fatta (2007) sistem adalah sekumpulan objek yang saling berhubungan dan memiliki interaksi satu sama lain serta hubungan antar objek dapat dilihat sebagai satu kesatuan yang dirancang untuk memenuhi tujuan tertentu.

Dari definisi di atas dapat disimpulkan bahwa definisi sistem adalah gabungan dari objek atau komponen yang saling berhubungan dan bekerja sama untuk memenuhi suatu tujuan.

##### **2.1.2 Definisi Rancang Bangun Sistem**

Rancang bangun sistem merupakan aktivitas melanjutkan dari serangkaian persyaratan yang teridentifikasi untuk sistem ke rancangan yang memenuhi persyaratan tersebut. Perbedaan ditarik antara rancang bangun tingkat tinggi atau rancang bangun arsitektur, yang berkaitan dengan komponen utama sistem, peran, dan keterkaitannya, dengan rancang bangun detail, yang berkaitan dengan struktur

internal dan pengoperasian komponen secara individual. Istilah rancang bangun sistem terkadang digunakan untuk menutupi aktivitas perancangan tingkat tinggi (Encyclopedia.com, diakses 18 Desember 2017) .

Rancang bangun sistem merupakan proses pendefinisian elemen-elemen dari suatu sistem seperti arsitektur, modul, dan komponen, perbedaan antarmuka dari komponen-komponen dan data yang melalui sistem tersebut. Dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan dan tujuan tertentu dari suatu bisnis atau organisasi melalui perekayasaan yang koheren dan sistem yang bekerja dengan baik (Techopedia.com, diakses 18 Desember 2017).

Dari definisi di atas dapat disimpulkan bahwa definisi rancang bangun sistem adalah perencanaan dan proses penyusunan suatu sistem yang digunakan untuk memenuhi tujuan tertentu.

### **2.1.3 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu atau Tenaga Angin**

Menurut Aji (2017) pembangkit listrik tenaga angin atau tenaga bayu (PLTB) merupakan pembangkit listrik dengan prinsip mengonversi tenaga gerak angin menjadi tenaga putar oleh turbin, kemudian tenaga putar digunakan untuk menggerakkan sebuah generator, dan oleh generator tenaga putar diubah menjadi tenaga listrik. Dalam praktik perancangan PLTB pemilihan jenis turbin dan generator harus dilakukan dengan cermat disesuaikan dengan kondisi tempat didirikannya PLTB agar diperoleh hasil yang maksimal dalam hal efisiensinya.

Energi angin atau energi bayu adalah energi yang berasal dari energi matahari yang dipancarkan dengan radiasi panas matahari yang melewati

permukaan bumi yang berbeda-beda sehingga menimbulkan perbedaan temperatur dan rapat massa udara di permukaan bumi yang mengakibatkan terjadinya perbedaan tekanan hingga kemudian menjadi aliran udara (Astu and Djati 2013).

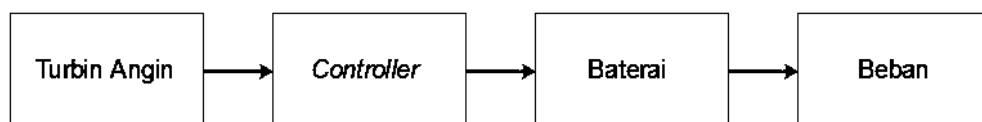
Menurut Wargadalam (2014) Indonesia memiliki potensi energi angin yang cukup baik. Berdasarkan data dari Kementerian ESDM, potensi tenaga angin di Indonesia berada di kisaran 3-6 m/s dan sumber daya yang tersedia sebesar 970 MW. Potensi energi baru dan terbarukan, termasuk tenaga angin dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

<b>Tabel 2.1 Potensi Energi Baru dan Terbarukan</b>		
<b>No</b>	<b>Energi Baru dan Terbarukan</b>	<b>Sumber Daya</b>
1	Panas Bumi	29.164 Mwe
2	<i>Hydro</i>	75.000 Mwe
3	Biomassa	49.810 Mwe
4	Tenaga Surya	4,80 kWh/m <sup>2</sup> /hari
5	Tenaga Angin	3-6 m/s
6	Kelautan	49 Gwe

Sumber: Indonesia Energy Outlook 2013 (PUSDATIN KESDM)

Angin yang berhembus disertai dengan energi kinetik (gerakan) yang dapat digunakan untuk melakukan suatu pekerjaan, salah satunya adalah untuk membangkitkan listrik. (Contained Energy Indonesia 2011).

Adapun diagram blok dari PLTB ditunjukkan oleh Gambar 2.1.

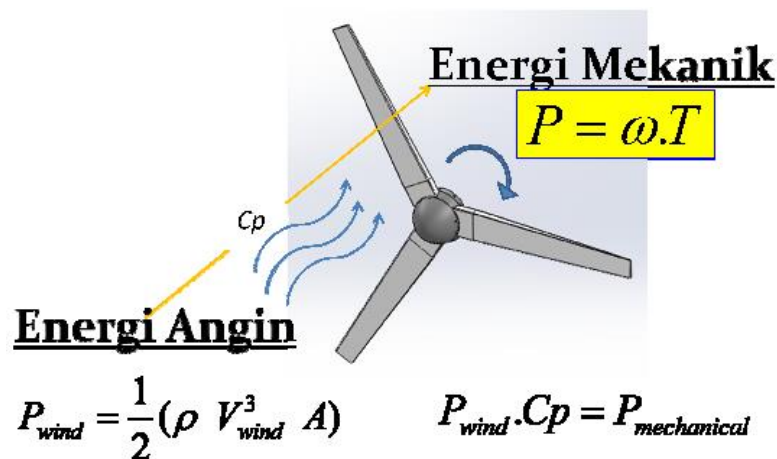


**Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem PLTB**

### 2.1.3.1 Turbin Angin

Sistem PLTB terdiri atas beberapa komponen dengan turbin angin menjadi komponen utama penyusun sistem ini. Turbin angin terdiri atas beberapa bagian, yaitu *blade*, *pole*, dan *generator*. *Blade* merupakan bagian penting turbin angin sebagai komponen yang berinteraksi langsung dengan angin. Turbin angin secara umum terdiri dari 2 tipe, yaitu *horizontal axis wind turbine* (HAWT) dan *vertical axis wind turbine* (VAWT) (Lentera Angin Nusantara 2014).

Menurut Tim Lentera Angin Nusantara (2014) turbin angin adalah alat konversi energi angin menjadi energi mekanik. Energi angin ( $P_{wind}$ ) merupakan hasil dari setengah kali massa jenis udara ( $\rho$ ) dengan luas penampang cakupan dari turbin angin ( $A$ ) dan pangkat tiga dari kecepatan anginnya ( $V^3$ ). Jadi, sedikit saja selisih kecepatan anginnya, maka perbedaan energi yang dihasilkannya dapat berkali lipat besarnya.



**Gambar 2.2 Skema Aliran Konversi Energi Angin Menjadi Energi Mekanik**  
( Sumber: Lentera Angin Nusantara, 2014)

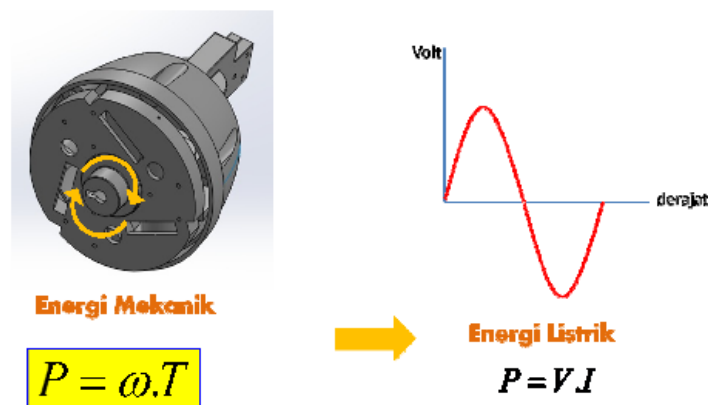
Sistem PLTB memiliki tingkat efisiensi tertentu dalam mengonversi energi. Maka untuk mendapatkan nilai energi mekanik hasil konversi turbin angin perlu diperhitungkan nilai efisiensi turbin ( $C_p$ ). Nilai efisiensi ditentukan sejak

perancangan sistem. Energi mekanik dari turbin berupa kecepatan putaran bilah turbin ( $\omega$ ) dan torsi ( $T$ ) atau besar gaya yang diberikan pada suatu panjang lengan beban/bilah turbin (Lentera Angin Nusantara 2014).

Skema konversi energi angin menjadi energi mekanik dapat dilihat pada Gambar 2.2.

### 2.1.3.2 Generator

Menurut Sumanto (1995) generator adalah bagian dari turbin angin yaitu mesin yang mengubah energi mekanik menjadi tenaga listrik. Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar dalam medan magnet ataupun sebaliknya memutar magnet di antara kumparan kawat penghantar. Energi mekanik tersebut dapat berasal dari tenaga lain berupa panas, tenaga potensial air, motor diesel, motor bensin bahkan motor listrik.



**Gambar 2.3 Skema Konversi Energi Mekanik Menjadi Energi Listrik**  
( Sumber: Lentera Angin Nusantara, 2014)

Konversi energi mekanik menjadi energi listrik dapat dilihat pada Gambar 2.3. Generator merupakan alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Pada kasus ini, turbin angin yang terpasang generator mengubah torsi ( $T$ ) dan kecepatan putar rotor/kecepatan sudut ( $\omega$ ) dari bilah turbin angin menjadi nilai tegangan ( $V$ )

dan arus ( $I$ ). Hasil keluaran dari generator dapat berupa listrik AC maupun DC sesuai dengan spesifikasi turbin angin yang digunakan (Lentera Angin Nusantara 2014).

Dari Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 di atas didapat beberapa persamaan daya yang disajikan pada persamaan 2.1, persamaan 2.2, persamaan 2.3, dan persamaan 2.4 berikut.

$$P_{angin} = \frac{1}{2}(\rho \cdot v_{angin}^3 \cdot A) \quad (2.1)$$

$$P_{angin} \cdot C_P = P_{mekanik} \quad (2.2)$$

$$P = \omega \cdot T \quad (2.3)$$

$$P = V \cdot I \quad (2.4)$$

Keterangan:

$P$  = daya

$v$  = kecepatan angin

$C_p$  = efisiensi turbin

$\rho$  = densitas udara

$A$  = luas sapuan bilah

$\omega$  = kecepatan sudut bilah

$T$  = torsi bilah

$I$  = arus listrik

$V$  = tegangan listrik

Sehingga energi mekanik turbin angin sama dengan energi listrik yang dihasilkan generator dan secara matematis dapat dinyatakan pada persamaan (2.5) dan persamaan (2.6) berikut.

$$V \cdot I = \omega \cdot T \quad (2.5)$$

$$V = \frac{\omega \cdot T}{I} \quad (2.6)$$

Jadi tegangan keluaran generator berbanding lurus dengan kecepatan sudut turbin angin sesuai dengan kecepatan angin. Jika nilai kecepatan angin tinggi semakin tinggi pula kecepatan sudut turbin angin, maka tegangan keluaran generator juga semakin tinggi.

### 2.1.3.3 *Charge Controller*

Menurut Lentera Angin Nusantara (2014) *charge controller* atau *controller* adalah alat konversi energi listrik dan pengatur tegangan pengisian baterai dari tegangan generator yang fluktuatif. Pengendali pengisian berperan sebagai alat konversi energi listrik dari keluaran generator yang fluktuatif untuk disesuaikan dan diatur sedemikian rupa agar dapat disimpan ke baterai. Tegangan keluaran dari generator turbin angin yang sudah merupakan arus searah akan diatur oleh *buck converter*, *boost converter*, atau *buck boost* agar lebih stabil saat dilakukan pengisian ke baterai.

Saat kecepatan angin rendah, maka tegangan keluaran generator juga rendah. Diasumsikan bahwa tegangan keluaran berada di bawah ketentuan pengisian baterai, sehingga perlu dilakukan penyesuaian tegangan agar sistem tetap dapat melakukan pengisian meskipun saat kecepatan angin rendah (*step up*) dengan *boost converter*. Sebaliknya saat angin dengan kecepatan tinggi memutar turbin maka keluaran tegangan listrik dari generator pun tinggi, sehingga perlu dilakukan penyesuaian tegangan (*step down*) dengan *buck converter* agar tegangan pengisian

baterai sesuai dengan spesifikasi baterai untuk menghindari kerusakan karena tegangan yang terlalu tinggi. Sedangkan saat baterai sudah terisi penuh, kontroler akan secara otomatis menghentikan pengisian baterai untuk menghindari kerusakan baterai karena *overcharging*.

#### **2.1.3.4 Baterai**

Menurut Battery University (2017) baterai dispesifikasikan berdasarkan tiga karakteristik: kimiawi, tegangan, dan kapasitas. Sebuah baterai baru juga menampilkan keterangan *cold cranking amps* (CCA) yang menunjukkan kemampuan untuk menghasilkan arus tinggi pada suhu rendah. Bahan kimia utama penyusun baterai adalah timbal, nikel, dan litium dengan masing-masing *charger* yang berbeda. Baterai ditandai dengan tegangan tertentu; meskipun, tegangan rangkaian terbuka (*open circuit voltage* (OCV)) pada baterai yang terisi penuh adalah sekitar 5-7% lebih tinggi. Bahan kimia dan jumlah sel yang terhubung secara seri merupakan OCV, sedangkan *closed circuit voltage* (CCV) adalah tegangan saat baterai beroperasi. Kapasitas baterai dinyatakan dalam *ampere-hours* (Ah), yang merupakan arus pengosongan yang dapat dialirkan oleh baterai dalam waktu tertentu.

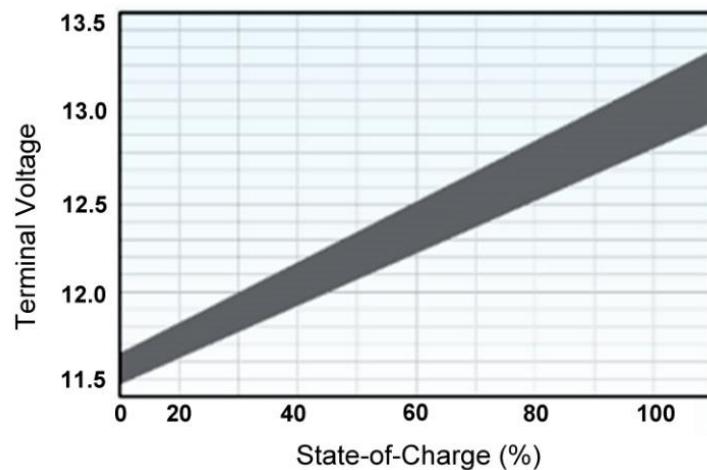
Sebuah baterai dibentuk oleh sejumlah sel listrik dengan kapasitas sama yang disambungkan satu sama lainnya. Sel-sel listrik umumnya disambungkan secara seri sehingga sebuah baterai dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar (Bishop 2002).



Baterai berperan sebagai media penyimpanan energi listrik, di mana terjadi reaksi elektrokimia saat *charging* dan *discharging* pada baterai. Proses *charging* ini bekerja saat baterai berfungsi sebagai beban dan sumber energinya dari generator, sementara itu proses *discharging* adalah ketika baterai menjadi sumber energi untuk pengisian beban lainnya seperti lampu (Lentera Angin Nusantara 2014).

Salah satu cara mengetahui kondisi pengisian baterai adalah dengan metode tegangan. Mengukur kondisi pengisian (*State-of-Charge/SoC*) dengan tegangan sangat sederhana, namun hasilnya kurang akurat karena material sel dan suhu mempengaruhi tegangan. Galat paling fatal dari pengukuran SoC berbasis tegangan terjadi saat ada gangguan dengan pengisian atau pengosongan. Agitasi yang dihasilkan menyebabkan distorsi pada tegangan dan tidak dapat lagi dijadikan referensi SoC yang tepat. Untuk mendapatkan pembacaan yang akurat, baterai harus diistirahatkan dengan kondisi rangkaian terbuka selama kurang lebih empat jam; pembuat baterai merekomendasikan 24 jam untuk *lead acid*. Hal ini menyebabkan metode SoC berbasis tegangan tidak dapat digunakan untuk *active duty*.

Terlepas dari ketidakakuratan, sebagian besar pengukuran SoC mengandalkan metode pengukuran tegangan karena kesederhanaannya. SoC berbasis tegangan banyak digunakan di kursi roda, skuter, dan mobil golf. Beberapa sistem manajemen baterai menggunakan periode istirahat untuk menyesuaikan pembacaan SoC sebagai bagian dari fungsi “belajar”. Gambar 2.4 merupakan ilustrasi pita tegangan dari monoblok baterai 12V *lead acid* dari kondisi kosong ke kondisi penuh (Battery University, diakses tanggal 6 Juni 2017).



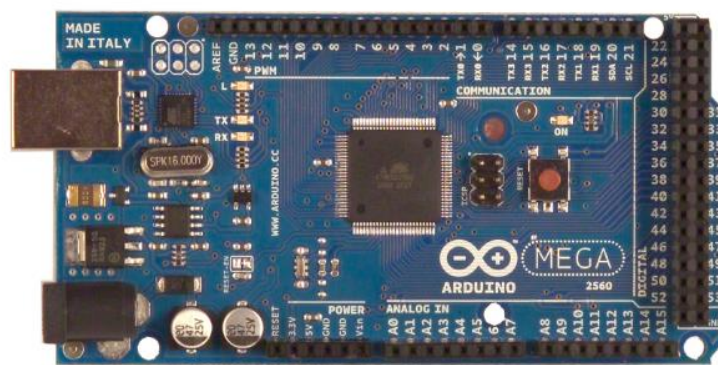
**Gambar 2.4 Pita Tegangan dan Persentase Baterai 12V**

#### 2.1.4 Arduino

Menurut Sanjaya (2016) Arduino merupakan salah satu *platform open source* (bebas akses) dari *Physical Computing*. Perlu dipahami bahwa kata “*platform*” merupakan sebuah pilihan kata yang tepat karena Arduino tidak hanya berfungsi sebagai alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi antara *hardware*, bahasa pemrograman, dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. Arduino dikembangkan oleh sebuah tim dengan anggota yang berasal dari banyak negara di dunia. Anggota inti dari tim adalah Massimo Banzi dari Milan (Italia), David Cuartielles dari Malmoe (Swedia), Tom Igoe dari New York (AS), Gianluca Martino dari Turin (Italia), dan David A. Mellis dari Boston (AS). Komunitas Arduino berkembang dengan pesat di seluruh dunia. Ada banyak proyek bermunculan dimana-mana terkait dengan penggunaan Arduino, termasuk di Indonesia.

#### 2.1.4.1 Arduino Mega 2560

Arduino adalah jenis suatu papan (*board*) yang berisi mikrokontroler atau Arduino dapat disebut sebagai sebuah papan mikrokontroler. Papan mikrokontroler yang banyak digunakan adalah Arduino Uno, yaitu hanya seukuran kartu kredit, dilengkapi dengan sejumlah *pin* yang digunakan untuk berkomunikasi dengan peralatan lain (Kadir 2015).



**Gambar 2.5 Arduino Mega 2560**

Arduino Mega (Gambar 2.5) merupakan tipe Arduino yang digunakan pada penelitian ini. Mega 2560 merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega2560. Memiliki 54 pin masukan/keluaran digital (15 diantaranya dapat digunakan sebagai keluaran PWM), 16 masukan analog, 4 UART (port serial hardware), satu osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, satu jack power, satu pin *header* ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Mega menyediakan semua yang diperlukan untuk mendukung kemampuan mikrokontroler; secara sederhana dihubungkan ke computer dengan kabel USB atau memberi daya dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk memulai menggunakannya. Papan Mega 2560 kompatibel dengan hampir seluruh shield yang didesain untuk Uno dan papan Duemilanove atau Diecimila lama (Arduino.cc, diakses tanggal 8 Mei 2017).

Arduino Mega 2560 Revisi 3 memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

1. 1.0 pinout : Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET. IOREF memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia di papan. Di masa depan shield akan kompatibel baik dengan papan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5 Volt dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3 Volt. Dan ada dua pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.
2. Sirkuit RESET.
3. Chip ATmega 16U2 menggantikan chip ATmega 8U2.

Spesifikasi Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

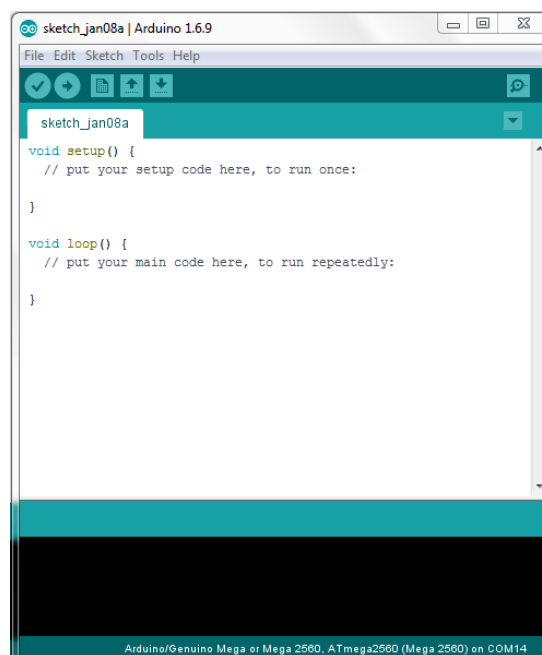
**Tabel 2.2 Spesifikasi Teknis Arduino Mega 2560**

<b>Microcontroller</b>	<b>ATmega2560</b>
<b>Operating Voltage</b>	5V
<b>Input Voltage (recommended)</b>	7-12V
<b>Input Voltage (limit)</b>	6-20V
<b>Digital I/O Pins</b>	54 (of which 15 provide PWM output)
<b>Analog Input Pins</b>	16
<b>DC Current per I/O Pins</b>	20 mA
<b>DC Current for 3.3V Pin</b>	50 mA
<b>Flash Memory</b>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
<b>SRAM</b>	8 KB
<b>EEPROM</b>	4 KB
<b>Clock Speed</b>	16 MHz
<b>LED_BUILTIN</b>	13
<b>Length</b>	101.52 mm
<b>Width</b>	53.5 mm
<b>Weight</b>	37 g

#### 2.1.4.2 Arduino IDE 1.6.9

Arduino IDE (Gambar 2.6) adalah *software* yang tersedia di situs [arduino.cc](http://arduino.cc) berfungsi untuk menulis *sketch* yang digunakan sebagai program di papan Arduino.

IDE (*Integrated Development Environment*) berarti bentuk alat pengembangan program yang terintegrasi sehingga berbagai keperluan disediakan dan dinyatakan dalam bentuk antarmuka berbasis menu. Kita dapat menulis *sketch*, memeriksa ada kesalahan atau tidak di *sketch*, dan kemudian mengunggah *sketch* yang sudah terkompilasi ke papan Arduino dengan menggunakan Arduino IDE (Kadir 2015).



**Gambar 2.6 Tampilan Arduino IDE**

### 2.1.5 *Internet of Things*

*Internet of Things* (IoT) merupakan penggambaran dari sebuah tren yang sedang berkembang dimana sejumlah besar perangkat (*embedded devices*) terhubung ke internet. Perangkat yang terhubung berkomunikasi dengan pengguna (manusia) dan biasanya menyediakan data sensor ke *cloud storage* dan sumber daya *cloud computing* sdi mana data diproses dan dianalisis untuk mendapatkan wawasan penting. Daya *cloud computing* yang murah dan meningkatnya konektivitas perangkat sangat menunjang tren ini. Solusi IoT dibangun untuk banyak aplikasi vertikal seperti pemantauan dan pengendalian lingkungan,

pemantauan kesehatan, pemantauan armada kendaraan, pemantauan dan pengendalian industri, dan otomasi rumah diakses tanggal (MathWorks 2017)s.

#### **2.1.6 Web**

Menurut Rafi'i (2008), internet adalah singkatan kata dari *Interconnection Networking*, merupakan jaringan komputer yang saling terhubung ke seluruh dunia tanpa mengenal batas baik berupa batas teritorial, hukum dan budaya. Internet sering dianalogikan secara fisik sebagai jaring laba-laba (*the web*) yang menyelimuti bola dunia dan terdiri dari titik-titik (*node*) yang saling berhubungan.

Adapun *World Wide Web* (WWW) adalah suatu sumber-sumber informasi berupa halaman-halaman berisi teks, gambar, suara, dan video yang menjadi ruang informasi. Bahkan WWW dilengkapi juga dengan *link* untuk menghubungkan dengan halaman lain dan dapat diidentifikasi oleh pengenalan global yang disebut *Uniform Resource Identifier* (URI). WWW sering dianggap sama dengan internet secara keseluruhan, walaupun sebenarnya WWW hanyalah bagian dari internet itu sendiri (Rafi'i 2008).

##### **2.1.6.1 Web Server**

Menurut Kurniawan (2010) *web server* adalah sebuah perangkat lunak *server* yang berfungsi menerima permintaan http atau https dari *web client* yang dengan perangkat lunak yang disebut *web browser* dan mengirimkan kembali hasilnya dalam bentuk halaman-halaman *web* yang biasanya berbentuk dokumen html. Pengertian lain *web server* adalah suatu program (termasuk mesin yang menjalankan program itu sendiri) yang bekerja dengan basis protokol http dan dapat

menanggapi permintaan dari *web client* yang menggunakan protokol tersebut melalui *web browser* atau aplikasi *web client* lain.

Dalam pengertian lain juga disebutkan bahwa *web server* adalah perangkat lunak yang menjadi induk bagi WWW. *Web server* menunggu permintaan dari *web client* yang menggunakan *web browser* atau aplikasi lainnya. Jika ada permintaan dari *client*, maka *web server* akan memproses permintaan tersebut dan hasil hasil prosesnya berupa data yang diinginkan akan dikirimkan kembali ke *client* (Kurniawan 2010).

#### **2.1.6.2 Web Client**

Menurut Maseleno (2003) pada jaringan (*web*), *client* adalah sebuah perangkat lunak atau aplikasi yang digunakan oleh pengguna untuk mengakses servis atau layanan tertentu dari *web server*. Istilah *client-server* merupakan suatu bentuk arsitektur dimana *client* adalah perangkat yang melakukan permintaan dan menerima data yang akan ditampilkan pada antarmuka pengguna dan *server* adalah perangkat yang menyediakan dan bertindak sebagai pengelola aplikasi, data, dan keamanannya.

#### **2.1.7 Database**

Menurut Kurniawan (2010) basis data (*database*) adalah sekumpulan data yang terintegrasi dan terorganisir yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pemakai untuk keperluan organisasi. Sedangkan DBMS (*Database Management System*) adalah perangkat lunak yang menangani akses ke *database*.

Menurut Valade (2010) istilah *database* mengacu pada suatu *file* atau sekelompok *file* yang memiliki data aktual. Data diakses menggunakan seperangkat

program yang disebut DBMS. Hampir semua DBMS hari ini merupakan RDBMS (*Relational Database Management System*) yang terorganisir dan tersimpan dalam seperangkat meja yang berhubungan.

Sedangkan menurut Kurniawan (2010), istilah atau unsur yang membentuk *database* adalah sebagai berikut:

1. **Data** adalah satu suatu satuan informasi yang akan diolah dimana sebelum diolah data akan dikumpulkan di dalam suatu file *database*. Pengumpulan data dilakukan secara sistematis menurut struktur file database tersebut.
2. **Record** adalah data yang isinya merupakan satu kesatuan. Setiap keterangan yang mencakup data-data tersebut dinamakan satu *record*. Dan setiap record diberi nomor urut yang disebut nomor *record* (*record number*). Ukuran suatu file database ditentukan oleh jumlah *record* yang tersimpan di dalamnya. Atau dengan kata lain *record* merupakan baris data yang terdapat dalam tabel.
3. **Field** adalah sub bagian dari *record*. Jika *record* adalah baris, maka *field* adalah kolom.

#### 2.1.8 GSM/GPRS Shield

Menurut Santos (2017) GSM atau *Global System for Mobile Communications* adalah standard global untuk komunikasi selular. Sedangkan GPRS atau *General Packet Radio Service* adalah komunikasi selular dengan



layanan pada jaringan 2G dan 3G. GSM GPRS *Shield* adalah perangkat yang menghubungkan Arduino dengan jaringan GPRS dan GSM.

GSM/GPRS *Shield* memungkinkan untuk menggunakan jaringan telepon seluler GSM untuk menerima data dari lokasi terpencil. *Shield* GSM/GPRS mendukung transfer data melalui beberapa metode, yaitu *Short Message Service* (SMS), *audio*, dan layanan GPRS. GSM/GPRS *Shield* kompatibel dengan seluruh papan yang memiliki faktor bentuk (dan *pinout*) standard dari papan Arduino. GSM/GPRS *Shield* dikonfigurasi dan dikendalikan melalui UART menggunakan *AT Commands* sederhana yang berbasis pada modul SIM900 dari SIMCOM, sama dengan telepon seluler. Selain fitur komunikasi, GSM/GPRS *Shield* juga memiliki 6 GPIO, 2PWM, dan sebuah ADC diakses tanggal (Communica.co.za, diakses 13 Desember 2017).

## 2.2 Penelitian Terkait

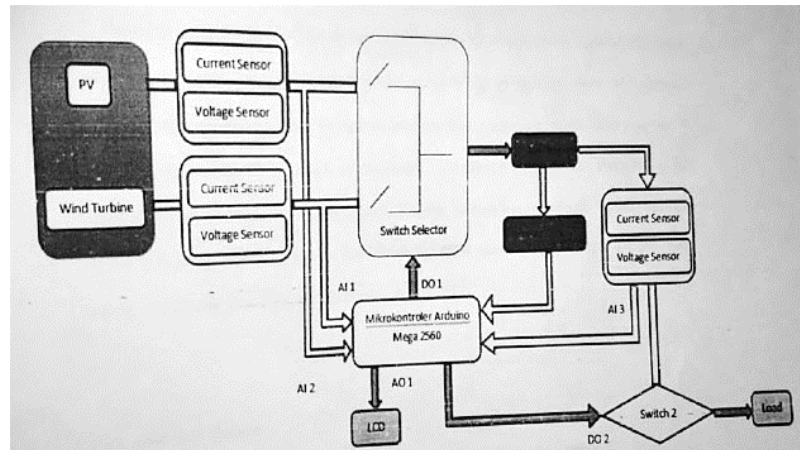
Untuk mendukung penelitian ini, berikut dikemukakan hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini:

1. Judul Penelitian : “**Pengendalian Sumber Tegangan untuk Charging Accu pada Pembangkit Listrik Hybrid Berbasis Arduino Mega 2560 (Studi Penelitian di Nano Center Indonesia)**”

Peneliti : Andita Ranni Ahadina (2016)

Hasil Penelitian : Penelitian ini bertujuan merancang sistem kendali *charging accu* untuk pembangkit listrik tenaga *hybrid* berupa tenaga angin dan tenaga surya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *research and development* meliputi perencanaan, analisis kebutuhan, perancangan,

pengujian, dan implementasi sistem. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu sistem kendali pengisian *accu* yang dapat secara otomatis berhenti mengisi saat tegangan aki telah sampai pada tegangan maksimumnya, dimana tegangan pengisian 20 V dan arus pengisian maksimal 5A (Ahadina 2016). Rancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7 Diagram blok penelitian “Pengendalian Sumber Tegangan untuk Charging Accu pada Pembangkit Listrik Hybrid Berbasis Arduino Mega 2560”**

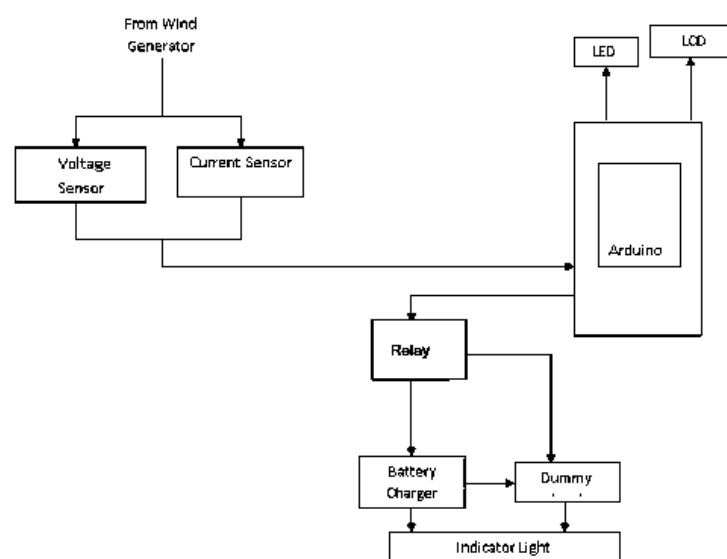
2. Judul Penelitian : **“On the Use of an Arduino-based Controller to Control the Charging Process of a Wind Turbine”**

Peneliti : Faisal Mahmuddin, Ahmad Muhtam Yusran, dan Syerly

Klara (2017)

Hasil Penelitian : Penelitian ini bertujuan merancang kontroler tegangan pengisian baterai turbin angin menggunakan mikrokontroler Arduino. Kontroler dirancang dengan tujuan menghindari tegangan pengisian berlebih yang dapat merusak baterai penyimpanan dalam konversi energi angin dengan turbin. Digunakan 3 lampu indikator digunakan untuk menunjukkan proses pengisian baterai, peralihan antara beban dumi dan level daya baterai. Kinerja kontroler yang dirancang dievaluasi dengan 3 simulasi kasus. Simulasui ini menggunakan satu baterai dengan tegangan maksimum 12,4 V. Kasus 1 yaitu

dengan tegangan masukan sebesar 10 V, dimana baterai terisi sampai dengan 10,8 V. Pada kasus 2 dengan tegangan masukan 13 V, dimana baterai terisi sampai dengan tegangan maksimal baterai dan indikator beban dumi menyala serta indikator pengisian baterai mati sehingga arus mengalir ke beban dumi. Pada kasus 3 dengan tegangan masukan 16 V, dimana indikator pengisian mati dan indikator beban dumi menyala yang menunjukkan bahwa Arduino sukses mengalihkan daya ke beban dumi. Dari 3 kasus dapat disimpulkan bahwa kontroler yang dirancang bekerja sesuai dengan yang dikehendaki untuk mengendalikan proses pengisian baterai (Mahmuddin, Yusran, and Klara 2017). Rancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.8.



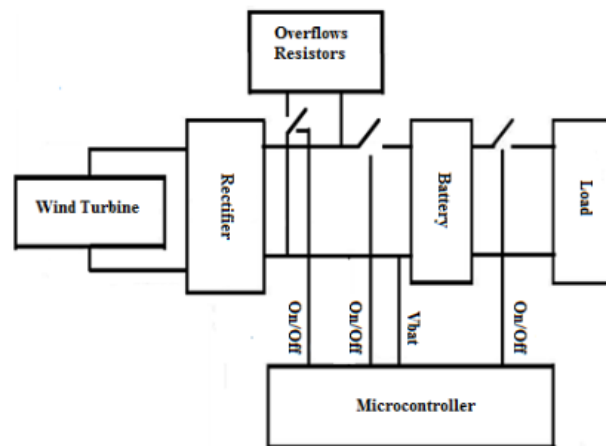
**Gambar 2.8 Diagram blok sistem penelitian “On the Use of an Arduino-based Controller to Control the Charging Process of a Wind Turbine”**

3. Judul Penelitian : **“Development of a Charge Controller Dedicated to the Small Wind Turbine System”**

Peneliti : Ababacan Ndiaye, Cheikh M. F. Kebe, Vincent Sambou,  
Papa A. Ndiaye (2013)

Hasil Penelitian : Penelitian ini bertujuan merancang kontroler pengisian dan pengosongan baterai turbin angin daya kecil. Kontroler yang dirancang

memiliki spesifikasi melindungi baterai dari *overcharging* dan *deep discharge* atau dengan kata lain kontroler ini melindungi turbin dari angin kencang. Kontroler yang dirancang berbasis mikrokontroler PIC 16F877A. Fungsi kontrol bekerja dengan algoritma yang secara kontinu melakukan perbandingan tegangan baterai dengan *threshold charge* dan *discharge*, dan mengalihkan daya ke resistor disipasi. Sinyal kendali yang diberikan oleh mikrokontroler berupa *pulse width modulation* (PWM) (Ndiaye et al. 2014). Rancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9 Diagram blok sistem penelitian “Development of a Charge Controller Dedicated to the Small Wind Turbine System”**

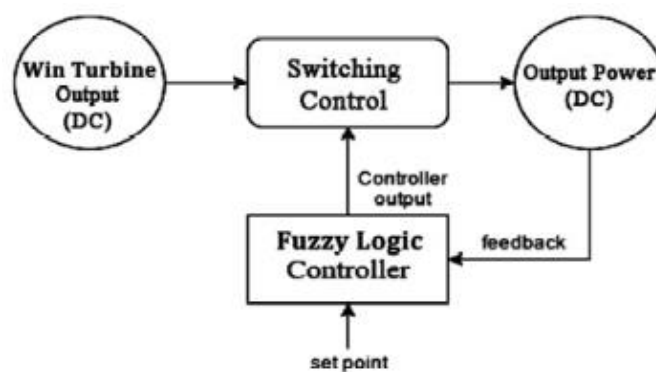
4. Judul Penelitian : **“Analysis and Design of a Fuzzy Logic Controlled Buck Boost Converter For a Wind Turbine Power Generation”**

Peneliti : Wahidin Wahab, Ardie Nirvansyah, Nurul Taufiqu

Rohman (2016)

Hasil Penelitian : Penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisa konverter *buck boost* dengan logika *Fuzzy* untuk turbin angin. Mikrokontroler Arduino UNO digunakan sebagai kontroler utama untuk mengendalikan *duty cycle* dari sinyal PWM yang dihasilkan untuk mengatur tegangan keluaran

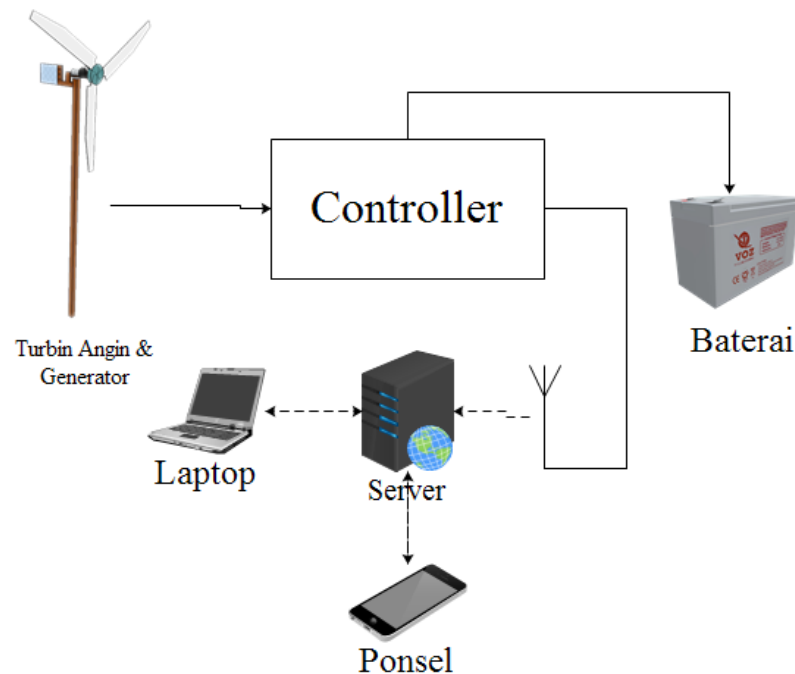
sistem. Algoritma tipe Mamdani merupakan kontrol logika *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini. Penelitian dilakukan dengan beberapa kasus berupa tegangan masukan yang bervariasi dimulai dari 5 V, lalu dinaikkan menjadi 10 V, 20 V dan terus hingga mencapai 50 V. Saat tegangan masukan 5 V sampai 10 V dihasilkan tegangan keluaran sebesar 12,4 V. Saat tegangan masukan 20 V sampai 30 V dihasilkan tegangan keluaran 12,2 V, dan saat tegangan masukan dinaikkan menjadi 40 V sampai 50 V dihasilkan tegangan keluaran 12,2 V sampai 12,3 V (Wahab, Ardie, and Rochman 2016). Rancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.10 Diagram blok sistem penelitian “Analysis and Design of a Fuzzy Logic Controlled Buck Boost Converter For a Wind Turbine Power Generation”**

## 2.3 Kerangka Berpikir

### 2.3.1 Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin yang Dirancang

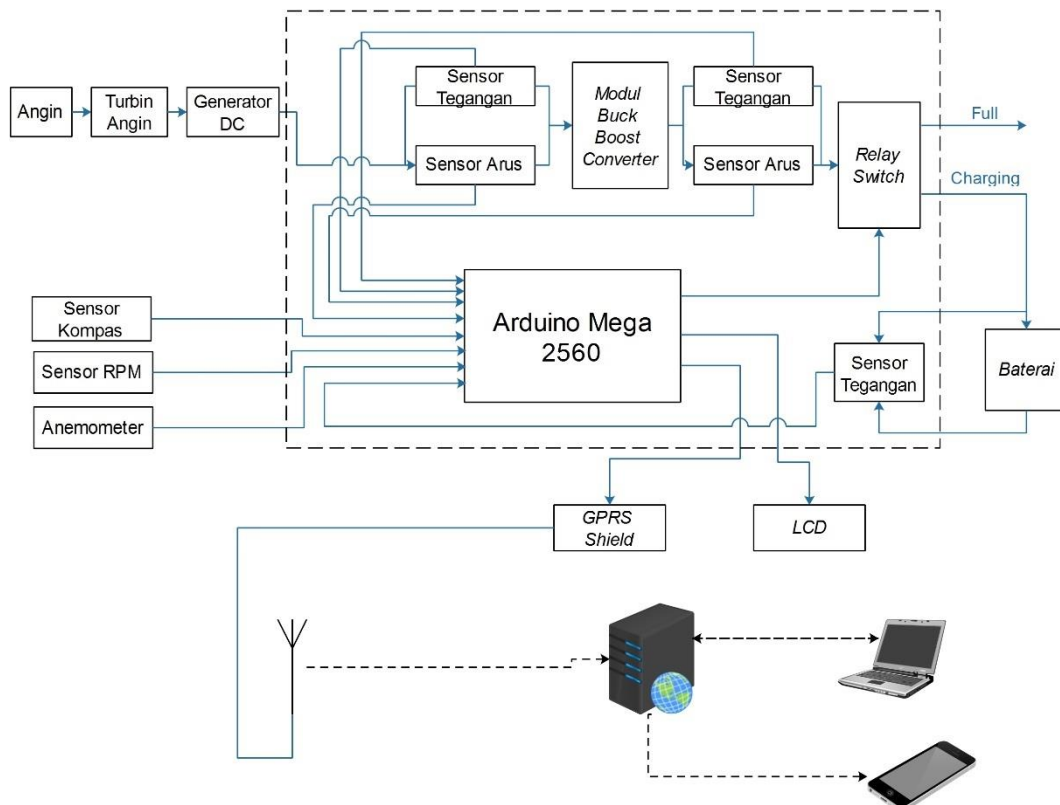


**Gambar 2.11 Konsep Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin yang Dirancang**

Gambar 2.11 menunjukkan konsep sistem yang diusulkan untuk menjawab perumusan masalah penelitian. *Controller* berperan mengatur proses transfer tegangan yang dihasilkan dari hasil konversi oleh turbin angin dan generator ke beban (baterai dan sistem informasi). *Controller* mengatur proses pengisian baterai untuk menghindari *overcharging* yang dapat memperpendek umur baterai. *Controller* juga berperan dalam pencatatan data dari sensor yang terpasang pada sistem untuk kemudian dilakukan pengiriman data ke *web server*.

### 2.3.2 Diagram Blok Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino

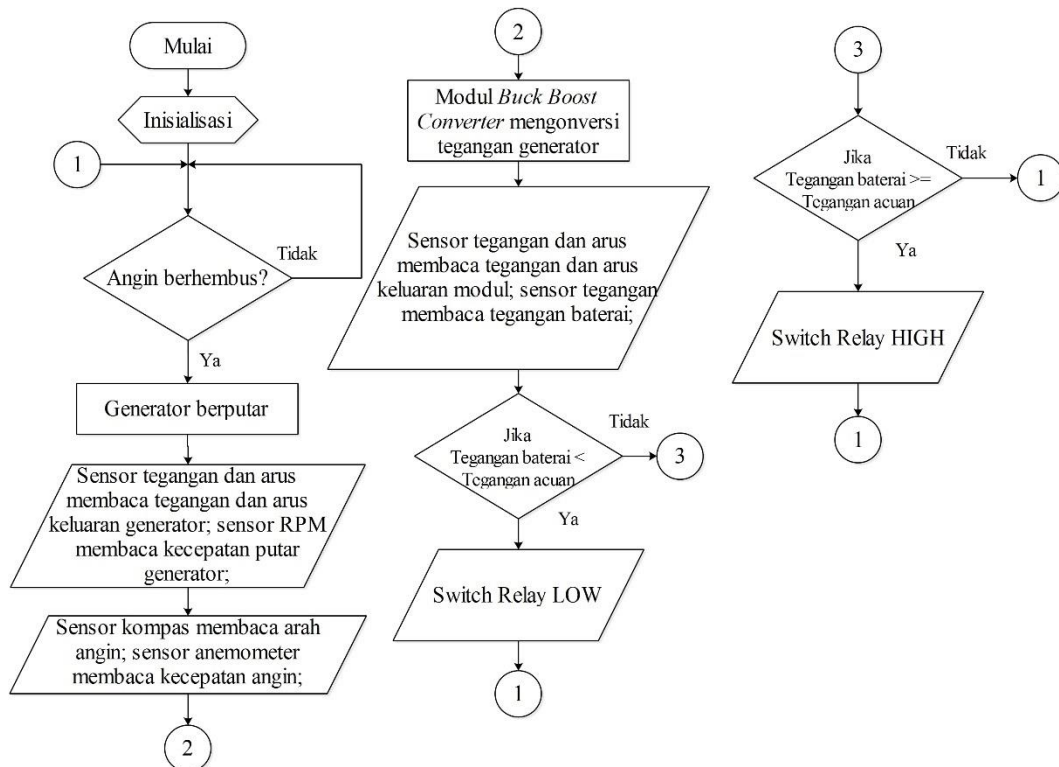
Diagram blok sistem yang akan dirancang bangun pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 2.12 berikut.



**Gambar 2.12 Diagram Blok Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino**

### 2.3.3 Diagram Alir Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino

Diagram alir sistem yang akan dirancang bangun pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 2.13 berikut.



**Gambar 2.13 Diagram Alir Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino**



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika, Gedung L Lantai 4 Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Penelitian dilakukan sejak Juli 2017 sampai dengan Januari 2018.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

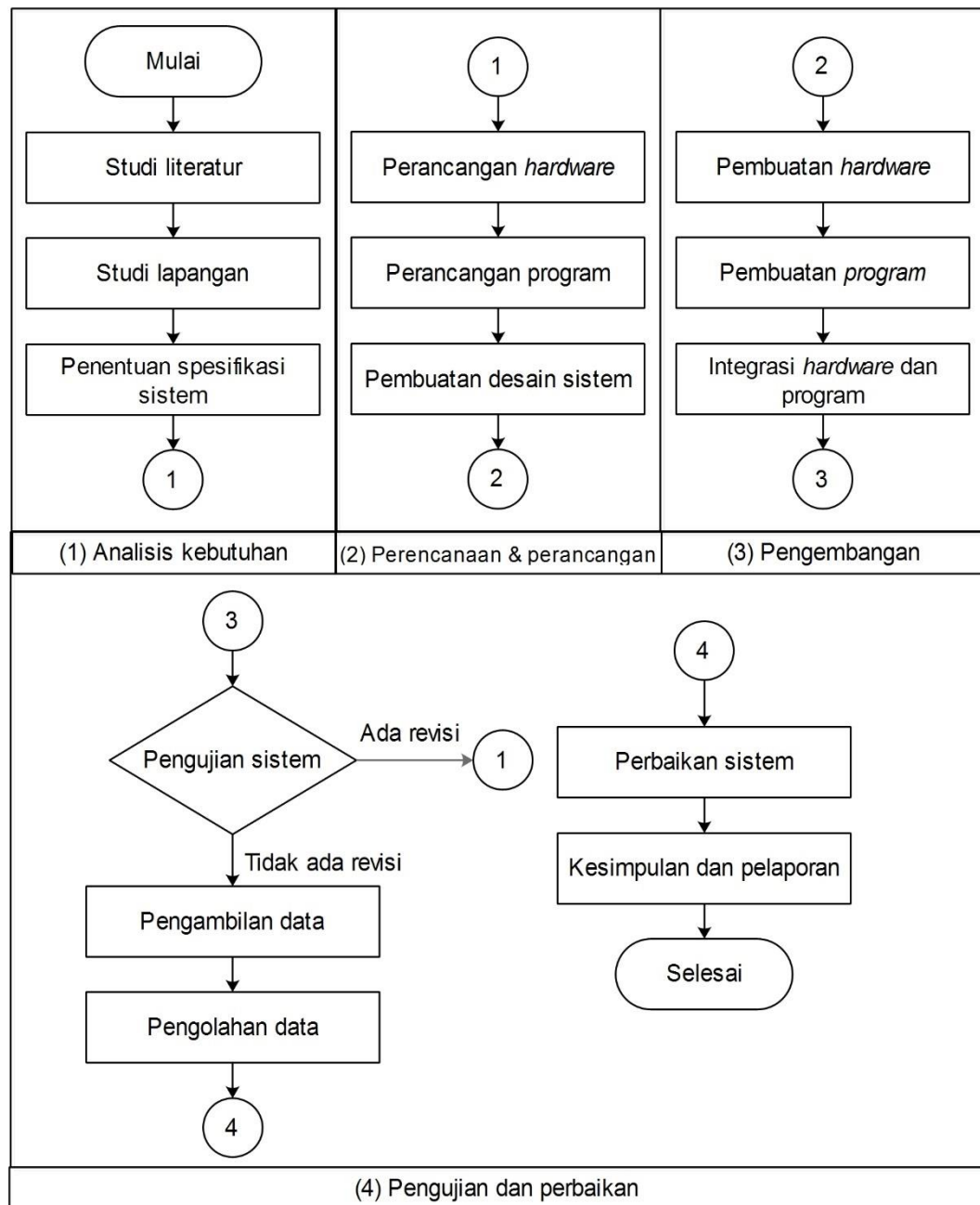
Alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Turbin angin tipe HAWT dengan 3 *blade propeler*
- b. Generator DC dengan tegangan keluaran 0V – 120V 550mA
- c. Baterai (*accumulator*) 12V 7,2Ah merek Voz
- d. Arduino Mega 2560
- e. *GSM/GPRS Shield SIM900*
- f. LCD 20\*4
- g. Sensor arus MAX471
- h. Modul *buck boost converter XL6009*
- i. Resistor daya 1 $\Omega$
- j. Sensor tegangan
- k. Anemometer
- l. Sensor RPM
- m. Sensor arah angin/sensor kompas
- n. Regulator tegangan
- o. Rangkaian *relay switch*

- p. *Power supply*
- q. Multimeter digital
- r. Arduino IDE 1.6.9
- s. *Software* PCB Wizard 3.5.0
- t. *Web server* ThingSpeak
- u. Aplikasi Android ThingView
- v. WRPlot View V8.0.0

### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode rekayasa teknik dengan model pengembangan Borg & Gall (Sutarti and Irawan 2017) yang telah disesuaikan dengan kebutuhan penelitian melalui 4 langkah, yaitu: (1) analisis kebutuhan, (2) perencanaan dan perancangan, (3) pengembangan, (4) pengujian dan perbaikan. Gambar 3.1 merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan. Penelitian dapat dikatakan selesai jika sistem dapat melakukan pengisian baterai dengan memanfaatkan konversi tenaga angin oleh turbin angin dan generator serta dapat menampilkan data kecepatan angin, arah angin, dan tegangan baterai melalui *web*.



**Gambar 3.1 Diagram alir penelitian**

### 3.3.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa teknik, yaitu merancang bangun sistem. Sebelum merancang bangun sistem, perlu ditentukan terlebih dahulu spesifikasi sistem yang akan dirancang bangun. Spesifikasi sistem yang akan dirancang bangun ditunjukkan oleh tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Spesifikasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis Arduino**

Jenis Turbin Angin	HAWT 3 <i>blade propeler</i>
Diameter <i>blade</i>	1 m
Generator	0-120Vdc 550mA
Mikrokontroler	Arduino Mega 2560
Tegangan Kerja Baterai	12V
Kapasitas Baterai	7.2Ah
Tegangan Pengisian Baterai	14.4V – 15V

### 3.3.1.1 Perancangan Perangkat Keras

#### 3.3.1.1.1 Menentukan Beban Sistem

Sistem pembangkit tegangan DC tenaga angin berbasis Arduino memiliki beban yang akan disuplai oleh baterai. Adapun beban sistem adalah Arduino Mega 2560, sensor arus, sensor RPM, sensor kompas, anemometer, LCD, dan *GSM/GPRS Shield*.

#### 3.3.1.1.2 Menentukan Pengosongan dan Pengisian Baterai

Baterai VRLA Voz dengan tegangan kerja 12V dan kapasitas 7.2Ah (Gambar 3.2) dipilih pada penelitian ini. Artinya dalam satu hari baterai dapat menyuplai daya sebesar 7.2Ah. Maka total beban yang dapat ditanggung baterai bekerja selama 24 jam adalah sebesar 300mA. Untuk pengisian baterai, jika diasumsikan kecepatan angin yang memungkinkan pengisian baterai terjadi adalah selama 12 jam dalam sehari.



**Gambar 3.2 Baterai yang Digunakan**

### 3.3.1.1.3 Menentukan Pengendali Pengisian Baterai

Untuk dapat dilakukan pengisian terhadap baterai diperlukan tegangan pengisian yang lebih tinggi daripada tegangan baterai. Untuk baterai VRLA Voz, tegangan pengisian konstan adalah antara 14.4V – 15V. Modul *buck boost converter XL6009* dipilih sebagai pengendali pengisian agar tegangan konstan. Tabel 3.2 menunjukkan spesifikasi modul.

**Tabel 3.2 Spesifikasi Modul *Buck Boost Converter***

	IC XL6009
Tegangan Masukan	3.8V – 32V
Tegangan Keluaran	1.25V – 35V
Arus Masukan/Keluaran	3A (Maksimal)
Tegangan <i>Ripple</i>	50mV
Efisiensi	<94%

### 3.3.1.1.4 Menentukan Generator

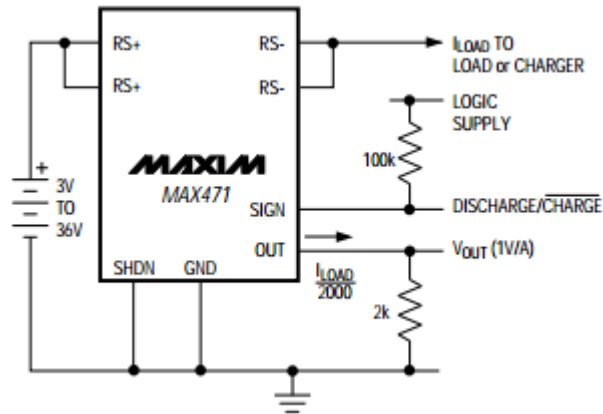
Generator digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (tegangan dan arus). Untuk dapat dilakukan pengisian ke baterai dengan kapasitas 7.2Ah dalam rentang waktu 12 jam dalam sehari diperlukan generator yang mampu menyuplai arus minimal 600mA. Sehingga dipilih generator DC dengan tegangan keluaran antara 0V sampai 120V dan arus maksimal 550mA.

### 3.3.1.1.5 Menentukan Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada penelitian ini adalah modul sensor arus MAX471 untuk membaca nilai arus masukan, dan resistor daya untuk perhitungan arus keluaran.

1. Sensor arus masukan dengan IC MAX471

Sensor arus dengan IC MAX471 (Gambar 3.3) digunakan untuk mengurangi kerugian daya pada bagian masukan karena hambatan dalam sensor yang sangat kecil.



**Gambar 3.3 Sensor Arus MAX471**

IC MAX471 merupakan sensor arus pada bagian *high-side* yang memiliki hambatan dalam sebesar  $35\text{m}\Omega$  yang dapat mendeteksi arus hingga 3A dengan rentang tegangan antara 3V – 36V. MAX471 merupakan sensor arus yang sangat presisi dengan ketelitian sebesar 1V/A.

Keluaran dari sensor dihubungkan ke pin analog Arduino yang akan membaca nilai analog. Pembacaan nilai analog oleh Arduino akan dikonversi menjadi nilai digital oleh *Analog to Digital Converter* (ADC) internal Arduino dengan resolusi 10-bit. Untuk mengonversi nilai analog menjadi digital digunakan persamaan (3.1).

$$I = \frac{\text{Pembacaan ADC}}{(2^n - 1)} \times V_{\text{adc-max}} \quad (3.1)$$

Karena resolusi ADC Arduino adalah 10-bit, maka  $n$  adalah 10. Sehingga,Sehingga untuk mendapatkan nilai pembacaan digital

yang telah dikonversi oleh ADC Arduino adalah dengan persamaan (3.2).

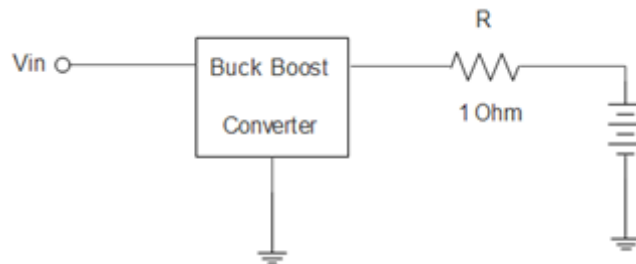
$$I = \frac{\text{Pembacaan ADC}}{1023} \times 5 \quad (3.2)$$

## 2. Sensor arus keluaran dengan resistor daya

Resistor daya  $1\Omega$  digunakan sebagai sensor arus pada bagian keluaran. Di mana pada resistor akan terdapat tegangan jatuh (*drop voltage*) yang akan menimbulkan beda potensial antara tegangan keluaran generator atau tegangan keluaran *buck converter* dan baterai seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.4. Adapun nilai arus keluaran yang mengalir pada resistor  $1\Omega$  dapat ditentukan dengan persamaan (3.3).

$$V_{drop} = V_{out} - V_{bat}$$

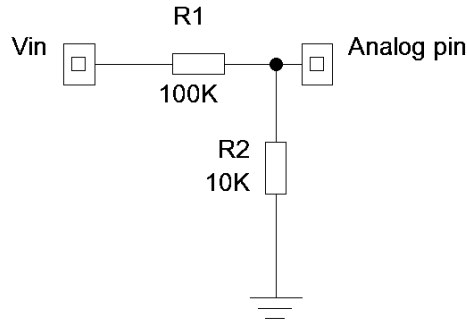
$$I_{drop} = \frac{V_{out}}{R_{drop}} \quad (3.3)$$



**Gambar 3.4 Resistor Daya Sebagai Sensor Arus Keluaran**

### 3.3.1.1.6 Menentukan Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) dengan *pull-down resistor* yang memiliki nilai lebih kecil dibanding resistor utama.



**Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Tegangan**

Sensor tegangan dirancang dengan resistor pembagi tegangan seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.5. Persamaan (3.4) untuk menentukan nilai maksimal tegangan masukan sensor.

$$V_{adc-min} = 0 V$$

$$V_{adc-min} = 5 V$$

$$V_{in-min} = 0 V$$

$$R_1 = 10 k\Omega$$

$$R_2 = 1 k\Omega$$

$$R_{pull-down} = R_2 = 1 k\Omega$$

$$V_{adc-max} = \frac{R_1 + R_{pull-down}}{R_{pull-down}} \cdot V_{in-max} \quad (3.4)$$

Maka,

$$V_{in-max} = \frac{R_1 + R_{pull-down}}{R_{pull-down}} \cdot V_{adc-max} = \frac{10k + 1k}{1k} \cdot 5 V = 55 V$$

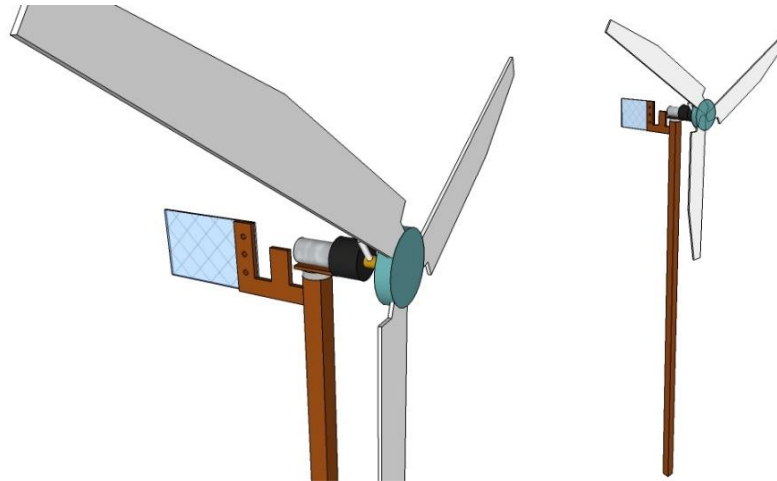
Sedangkan untuk mendapatkan nilai pembacaan tegangan oleh sensor adalah dengan persamaan (3.5) berikut.

$$V = \frac{\text{Pembacaan ADC}}{1023} \cdot 5 \cdot \frac{R_1 + R_{pull-down}}{R_{pull-down}} \quad (3.5)$$



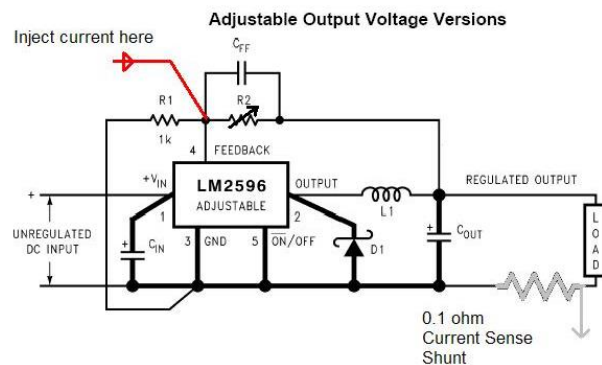
### 3.3.1.1.7 Perancangan Turbin Angin

Turbin angin yang akan digunakan pada penelitian ini adalah jenis HAWT dengan tiga bilah. Panjang bilah yang digunakan adalah 50 cm, sehingga diameter turbin angin adalah satu meter. Gambar 3.6 menunjukkan rancangan turbin angin yang digunakan.



**Gambar 3.6 Desain Turbin Angin**

### 3.3.1.1.8 Menentukan Regulator Tegangan untuk Arduino Mega 2560



Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

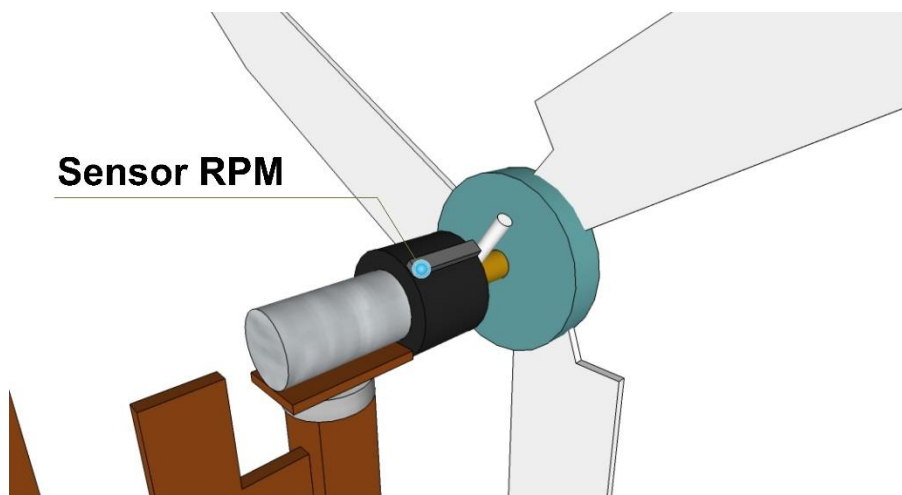
**Gambar 3.7 Rangkaian Modul LM2596 Untuk Suplai Tegangan Arduino**

Arduino Mega 2560 membutuhkan suplai tegangan eksternal 6V s.d. 12V pada pin Vin agar dapat beroperasi. Sumber tegangan yang digunakan untuk menyuplai Arduino adalah baterai yang tegangannya mengalami

fluktuasi, maka LM2596 (Gambar 3.7) digunakan sebagai regulator tegangan untuk menstabilkan tegangan suplai Arduino.

#### 3.3.1.1.9 Menentukan Sensor RPM

Sensor RPM (*revolution per minute*) digunakan untuk mengukur kecepatan putaran turbin angin. Pada penelitian ini sensor yang digunakan untuk mengetahui kecepatan putaran turbin menggunakan sensor LED inframerah dan *photodiode*. Keluaran sensor berupa pulsa digital yang akan mewakili kondisi *HIGH* saat sensor mendapati penghalang. Ilustrasi sensor RPM dapat dilihat pada Gambar 3.8.



**Gambar 3.8 Penempatan Sensor RPM**

#### 3.3.1.1.10 Menentukan Sensor Anemometer

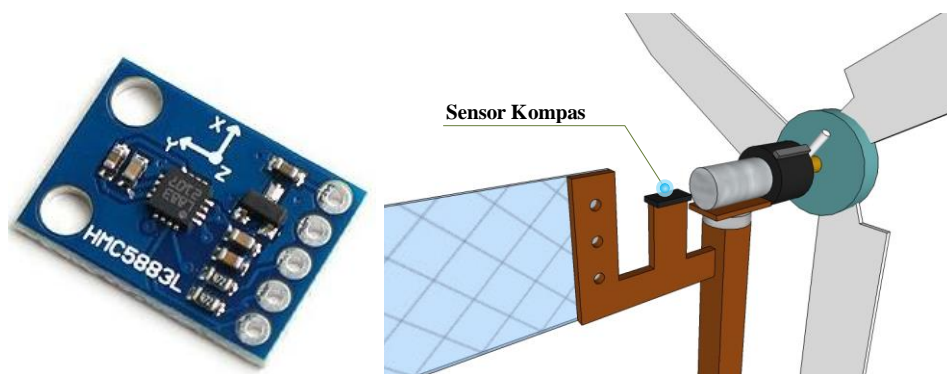
Sensor anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin di lokasi penempatan turbin angin. Pada penelitian ini anemometer menggunakan *optocoupler* sebagai sensor dengan keluaran pulsa digital. Sensor anemometer yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.9.



**Gambar 3.9 Sensor Kecepatan Angin (Anemometer)**

#### **3.3.1.1.11 Menentukan Sensor Arah Angin (Kompas)**

Sensor kompas digunakan untuk mengetahui arah angin di lokasi penempatan turbin angin. Pada penelitian ini sensor arah angin atau sensor kompas adalah dengan menggunakan modul magnetometer HMC5883L yang dapat mengukur arah dan magnitudo dari medan magnet bumi. Keluaran dari modul ini menggunakan protokol I2C yaitu dengan komunikasi serial sehingga cukup dihubungkan dengan pin SDA dan SCL pada Arduino Mega 2560. Sensor kompas dengan modul magnetometer HMC5883L ditunjukkan oleh Gambar 3.10.



**Gambar 3.10 Sensor Arah Angin (Kompas)**

#### **3.3.1.1.12 Menentukan Perangkat Komunikasi Dengan *Web Server***

Data hasil pengukuran akan dikirimkan ke *web server*. Sehingga untuk mengirimkan data dibutuhkan perangkat yang dapat menghubungkan

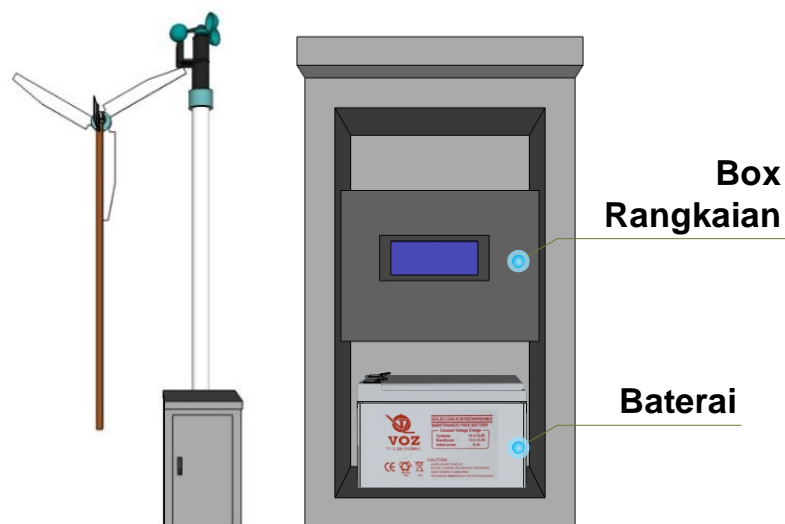
sistem ke *web*. Pada penelitian ini digunakan GSM/GPRS Shield SIM900 (Gambar 3.11) untuk mengirimkan data ke *web server*.



**Gambar 3.11 GSM/GPRS Shield SIM900**

#### **3.3.1.1.13 Perancangan Panel Kotak**

Panel Kotak (*box panel*) digunakan untuk meletakkan semua rangkaian yang digunakan pada penelitian. Gambar 3.12 berikut menunjukkan panel kotak yang digunakan, lokasi penempatan panel kotak terhadap turbin angin, dan tata letak rangkaian pada panel kotak.

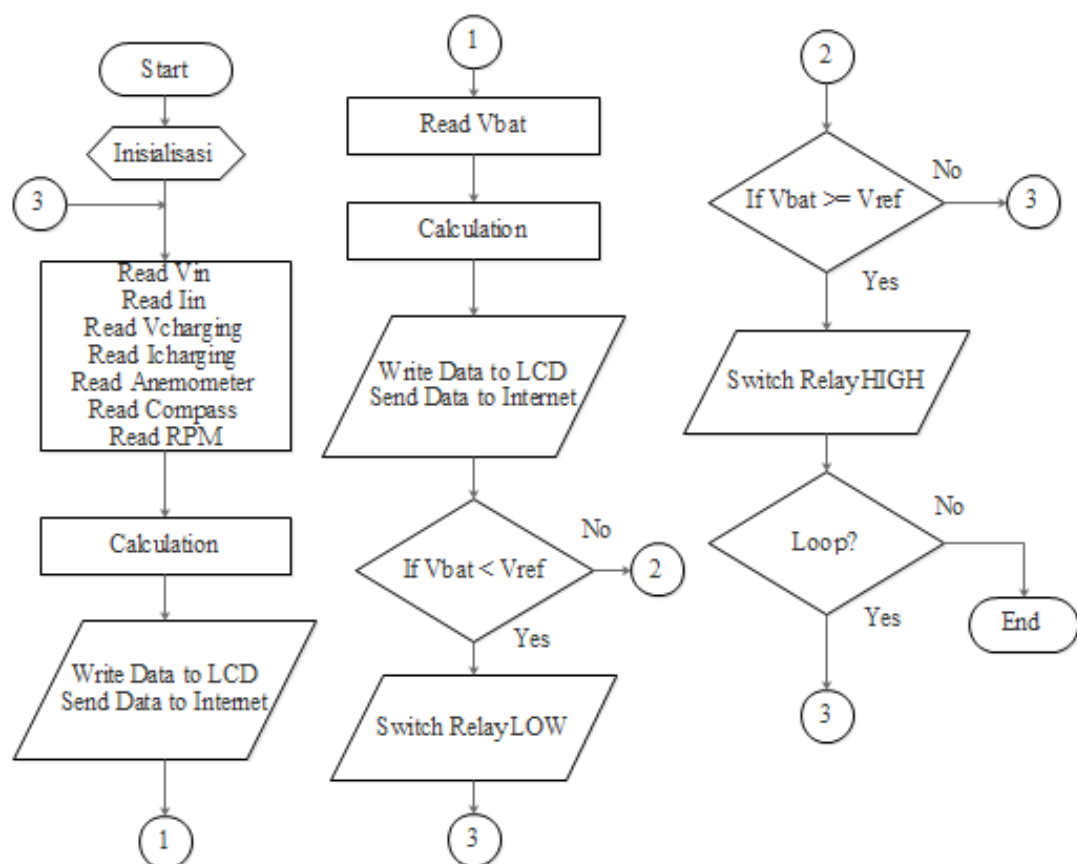


**Gambar 3.12 Tata Letak Kotak Rangkaian dan Tata Letak Panel Kotak**

### 3.3.1.2 Perancangan Program

#### 3.3.1.2.1 Membuat *Flowchart* Pemrograman

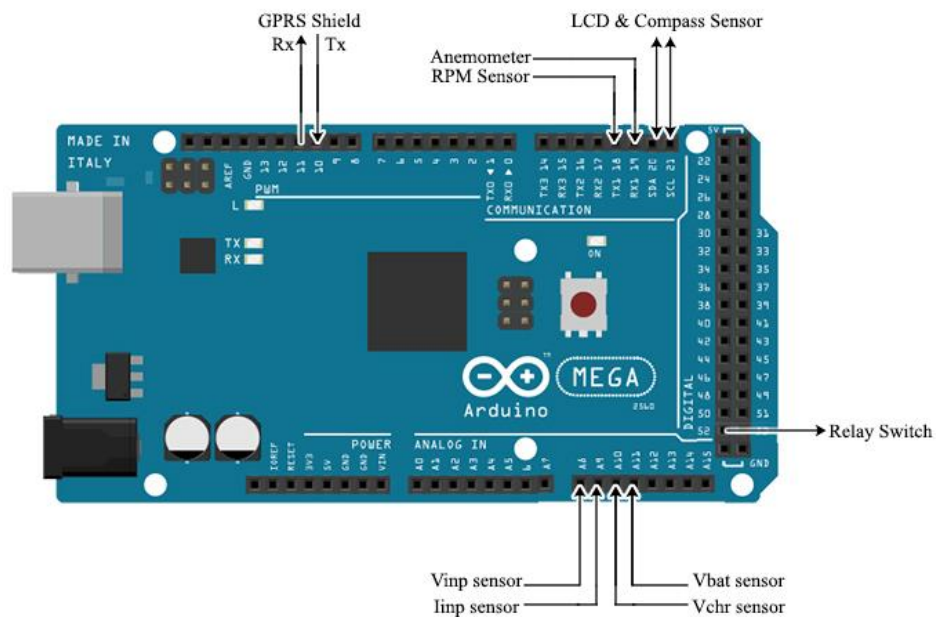
Sebelum merancang program, perlu dibuat diagram alir atau *flowchart* pemrograman sebagai pedoman dalam merancang program. Gambar 3.13 menunjukkan *flowchart* pemrograman yang akan dibuat pada Arduino IDE 1.6.9.



**Gambar 3.13 *Flowchart* Pemrograman**

#### 3.3.1.2.2 Menentukan *Input/Output* Arduino

Setelah menentukan *flowchart* pemrograman, perlu ditentukan pin *input* dan pin *output* pada Arduino Mega 2560 yang akan digunakan. Pemetaan *input/output* Arduino Mega 2560 ditunjukkan oleh Gambar 3.15.



**Gambar 3.14 Pemetaan *Input/Output* Arduino Mega 2560**

### 3.3.1.2.3 Menentukan *Library* yang Digunakan

Setelah menentukan *flowchart* pemrograman dan menentukan *input/output* yang digunakan, langkah selanjutnya adalah menentukan *library* yang digunakan pada Arduino IDE 1.6.9. Penentuan *library*, perlu disesuaikan dengan perangkat-perangkat yang digunakan. Tabel 3.3 menunjukkan *library* dan perangkat yang digunakan.

**Tabel 3.3 *Library* dan Perangkat Terkait**

<b>Library</b>	<b>Perangkat</b>
LiquidCrystalI2C	LCD 20*4 I2C
Wire	I2C Backpack
HMC5883L_Simple	Sensor Kompas HMC5883L
NeoSWSerial	GSM/GPRS Shield SIM900

### 3.3.1.2.4 Menentukan Web Server

Untuk melakukan pemrograman komunikasi dengan *web server*, perlu ditentukan *web server* yang akan digunakan. Pada penelitian ini, *web* yang akan digunakan untuk menyimpan dan menampilkan data yang

dikirim oleh GSM/GPRS Shield adalah ThingSpeak (<https://thingspeak.com/>). ThingSpeak memberikan layanan platform yang siap pakai, sehingga tidak perlu dilakukan pengembangan aplikasi *web* dan penyediaan *web server* sendiri. ThingSpeak™ merupakan layanan platform analisis IoT yang memungkinkan untuk mengumpulkan, memvisualisasikan, dan menganalisis aliran data langsung di awan. ThingSpeak memberikan visualisasi instan terhadap data yang dikirimkan oleh perangkat ke ThingSpeak (MathWorks 2017). Selain itu, antarmuka dari ThingSpeak juga mudah dipahami serta dapat menampilkan data secara *real-time*.

### **3.4 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data**

#### **3.4.1 Teknik Pengumpulan Data**

Untuk mencapai tujuan penelitian, peneliti melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan oleh peneliti adalah melalui studi literatur, perancangan, pengujian sub-sistem, dan pengujian sistem yang telah terintegrasi untuk kemudian hasil pengumpulan data akan dianalisis dan dibahas agar dapat memenuhi tujuan penelitian.

Adapun kriteria pengujian yang harus terpenuhi agar tujuan penelitian tercapai adalah sebagai berikut:

1. Tegangan pengisian baterai terputus saat tegangan masukan dari generator terlalu tinggi.
2. Baterai dapat terisi penuh dengan tegangan pengisian berasal dari konversi tenaga angin menjadi tegangan listrik.

3. Pengisian baterai dapat berhenti secara otomatis saat baterai sudah terisi penuh.
4. Data kecepatan angin, kecepatan putaran turbin, tegangan keluaran generator, dan tegangan baterai dapat dipantau secara *real time* dari jarak jauh melalui *web*.

### 3.4.2 Prosedur Pengumpulan Data

Untuk dapat mengumpulkan data, diperlukan prosedur atau langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk kemudian didapat data yang dapat dianalisis dan dibahas. Adapun prosedur pengumpulan data yang perlu dilakukan adalah studi literatur, yaitu pencarian kajian pustaka yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian sub-sistem, dan pengujian sistem yang telah diintegrasikan.

#### 3.4.2.1 Pengujian Modul *Buck Boost Converter XL6009*

Tabel 3.4 merupakan pengujian tegangan untuk pengisian baterai yang dijaga tetap 15V. Modul *buck boost converter* digunakan untuk menjaga tegangan keluaran agar tetap konstan untuk tujuan pengisian baterai. Pengujian dilakukan dengan sumber tegangan dari *power supply*.

**Tabel 3.4 Pengujian Tegangan Keluaran Modul *Buck Boost Converter* Dijaga Konstan 15V**

Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)



### 3.4.2.2 Pengujian Sensor Tegangan

Tabel 3.5 merupakan pengujian sensor tegangan. Sensor tegangan diuji dengan menggunakan *power supply* dan hasil pengukurannya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran voltmeter digital. Hasil pengukuran voltmeter digital menjadi kriteria pengujian apakah sensor tegangan sudah berfungsi baik atau belum.

**Tabel 3.5 Pengujian Sensor Tegangan**

Pengukuran Voltmeter (V)	Pengukuran Sensor Tegangan (V)	Galat

### 3.4.2.3 Pengujian Relay Switch

Tabel 3.6 merupakan pengujian *swithing relay* dilakukan dengan menggunakan *power supply*. Kriteria pengujian *relay switch* adalah saat tegangan yang terbaca oleh Arduino kurang dari 13.5V, *common* pada *relay* terhubung ke *normally closed* (NC) sehingga kondisi *relay* OFF. Dan saat tegangan yang terbaca Arduino sama dengan atau lebih dari 13.5V (baterai penuh), *common* terhubung ke *normally open* (NO) atau kondisi *relay* ON.

**Tabel 3.6 Pengujian Relay Switch**

Tegangan (V)	Kriteria	Pengujian
	Kondisi Relay	Kondisi Relay

#### 3.4.2.4 Pengujian Sensor Anemometer

Tabel 3.7 merupakan pengujian sensor anemometer. Hasil pengukuran sensor anemometer dibandingkan dengan anemometer tangan.

**Tabel 3.7 Pengujian Sensor Anemometer**

Anemometer Tangan (m/s)	Sensor Anemometer (m/s)	Galat

#### 3.4.2.5 Pengujian Sensor Arus MAX471

Tabel 3.8 merupakan tabel pengujian sensor arus MAX471. Sensor arus diuji dengan menggunakan *power supply* dan hasil pengukurannya akan dibandingkan dengan tampilan nilai arus pada *power supply*. Tampilan nilai arus pada *power supply* menjadi kriteria pengujian apakah sensor tegangan sudah berfungsi baik atau belum.

**Tabel 3.8 Pengujian Sensor Arus MAX471**

Tegangan (V)	Tampilan <i>Power Supply</i> (A)	Pengukuran Sensor Arus (A)	Galat

#### 3.4.2.6 Pengujian Sensor Arah Angin (Kompas)

Tabel 3.9 merupakan tabel pengujian sensor kompas dengan modul magnetometer HMC5583L. Sensor kompas diuji dengan menghadapkan sensor ke berbagai arah dan hasil pengukurannya berupa derajat terhadap kutub utara bumi akan dibandingkan dengan aplikasi kompas pada *smartphone*. Aplikasi kompas di

*smartphone* menjadi kriteria pengujian apakah sensor kompas sudah berfungsi baik atau belum.

**Tabel 3.9 Pengujian Sensor Arah Angin (Kompas)**

<b>Arah</b>	<b>Kompas <i>Smartphone</i></b>	<b>Sensor Kompas</b>

#### **3.4.2.7 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan**

Pengujian sistem secara keseluruhan yaitu meliputi pembangkitan listrik dengan tenaga angin, pengisian baterai dengan listrik yang dibangkitkan oleh turbin angin, pengosongan baterai dengan beban sistem, dan pencatatan data yang dikirimkan ke *web server* melalui jaringan GPRS. Adapun data yang dikirimkan ke *web server* adalah kecepatan angin, arah angin, tegangan keluaran generator, arus keluaran generator, tegangan baterai, dan arus pengisian baterai.

### **3.5 Teknik Analisis Data**

Menurut Sugiyono (2014) analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dengan cara menjabarkan data ke dalam kategori, menjabarkan ke dalam unit-unit, melakukan sintesis, menyusun pola dan memilih mana yang penting, yang akan dipelajari dan membuat kesimpulan sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri dan orang lain.

Teknik analisis data yang akan dilakukan adalah teknik analisis data secara kualitatif. Analisis yang terhadap data yang dihimpun dari sistem dilakukan secara rinci untuk mendapatkan kesimpulan guna menjawab perumusan masalah dan memenuhi tujuan penelitian.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

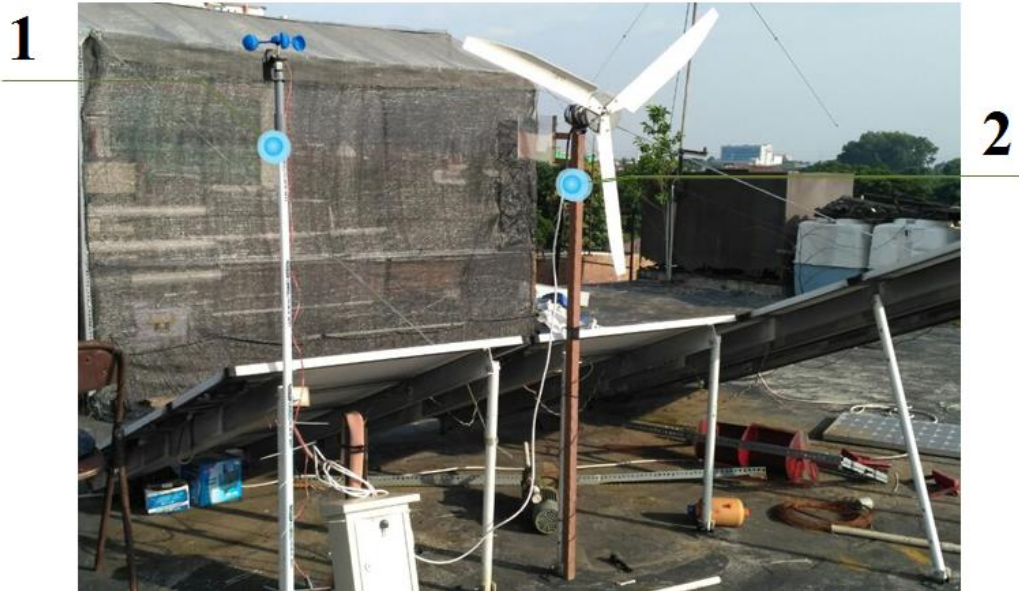
#### 4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Prinsip Kerja Sistem Pembangkit Tegangan DC Tenaga Angin

###### Berbasis Arduino

Prinsip kerja sistem yang dirancang bangun adalah mengonversi energi angin menjadi energi mekanik dengan turbin angin tipe HAWT dengan tiga bilah. Putaran bilah diukur dengan menggunakan sensor RPM, kecepatan angin diukur dengan sensor anemometer, dan arah angin diukur dengan sensor kompas. Lalu kemudian energi mekanik dikonversi menjadi energi listrik (tegangan dan arus) oleh generator DC. Tegangan yang dihasilkan oleh generator DC diukur dengan sensor tegangan, sedangkan arus listrik yang dihasilkan diukur dengan menggunakan sensor arus. Generator menghasilkan tegangan DC yang bersifat fluktuatif sesuai kecepatan angin kemudian akan dikonversi oleh modul *buck boost converter* menjadi tegangan DC yang stabil. Tegangan keluaran modul yang stabil kembali diukur dengan sensor tegangan, arus keluaran modul juga diukur dengan sensor arus. Lalu tegangan keluaran modul dialirkan ke baterai untuk melakukan pengisian. Adapun baterai digunakan untuk menyuplai daya bagi sistem pengiriman data ke *web server*. Data yang tersimpan di *web server* dapat diakses oleh *web client* melalui laptop ataupun ponsel.

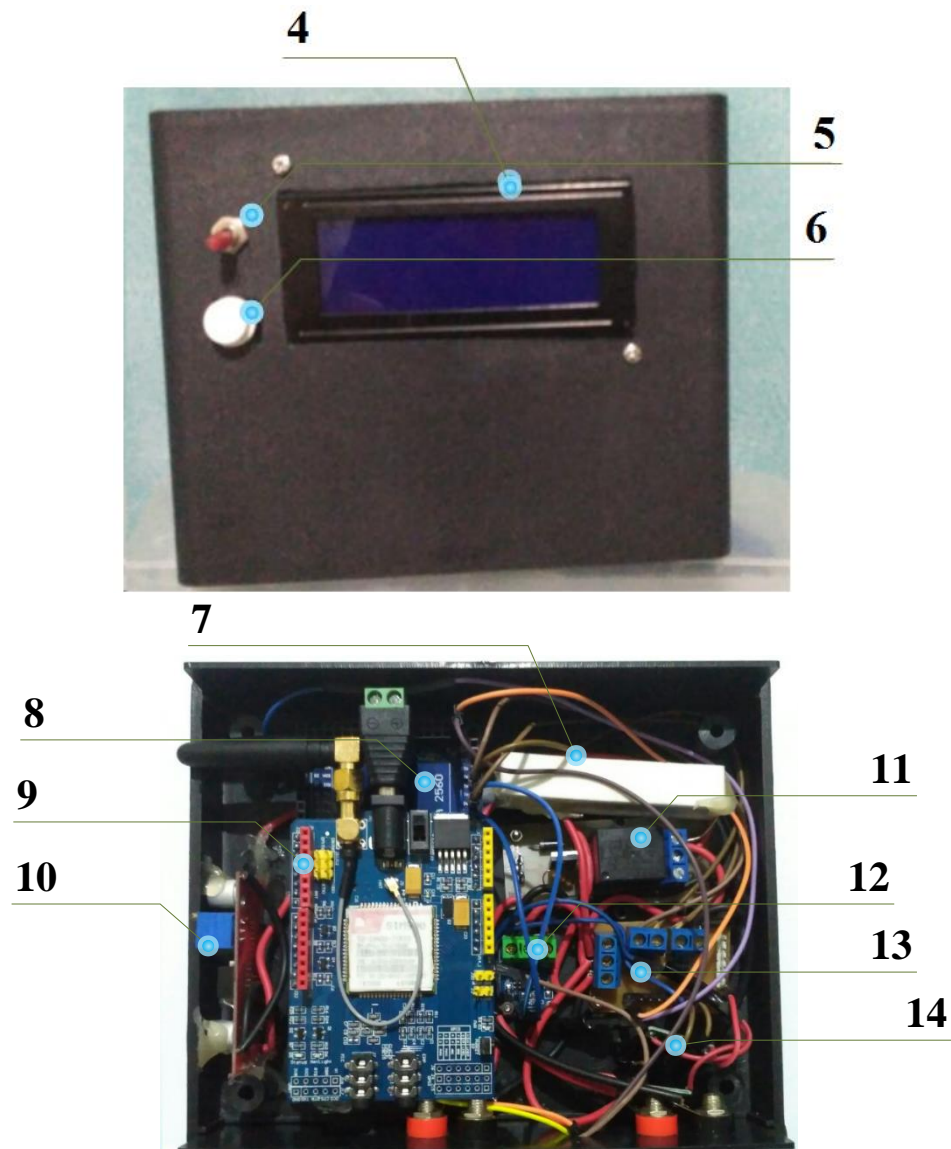
#### 4.1.2 Rincian Bagian Sistem Pembangkit Tegangan DC Tenaga Angin Berbasis Arduino



Gambar 4.1 Turbin Angin dan Anemometer



Gambar 4.2 Bagian Dalam Kotak Panel



**Gambar 4. 3 Bagian Dalam Kotak Rangkaian**

Gambar 4.1 merupakan dokumentasi penempatan anemometer dan turbin angin di lokasi penelitian, Gambar 4.2 merupakan posisi penempatan kotak rangkaian dan baterai dalam kotak panel, Gambar 4.3 merupakan bagian dalam kotak rangkaian. Detail bagian sistem adalah sebagai berikut:

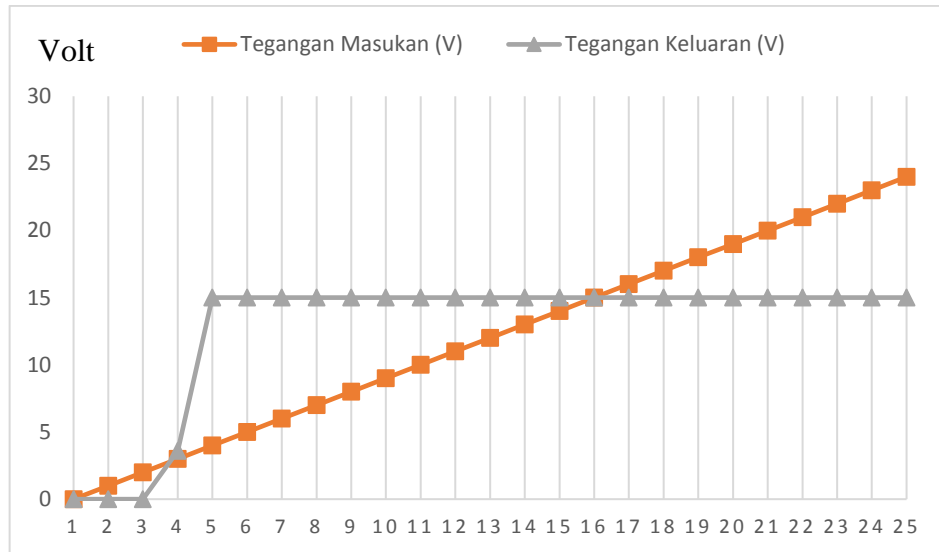
1. Anemometer
2. Turbin angin
3. Baterai VRLA Voz 12V 7.2Ah
4. LCD 20\*4

5. Sakelar ON/OFF
6. *Pushbutton*
7. Resistor daya
8. Arduino Mega 2560
9. *GSM/GPRS Shield*
10. Modul *buck boost converter XL6009*
11. *Relay switch*
12. Sensor arus MAX471
13. Sensor tegangan & terminal
14. Regulator tegangan

## **4.2 Analisis Data Hasil Penelitian**

### **4.2.1 Pengujian Modul *Buck Boost Converter XL6009***

Pengujian modul *buck boost converter* untuk menjaga tegangan keluaran yang akan digunakan sebagai tegangan pengisian baterai tetap pada kisaran 15V. Pengujian dilakukan dengan tegangan masukan dari *power supply* dengan rentang 0V – 20V. Dilakukan perbandingan antara tegangan masukan modul dan tegangan keluaran modul yang ditunjukkan oleh tabel 4.1 dan Gambar 4.4.



**Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Modul *Buck Boost Converter* Dijaga Konstan 15V**

**Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Modul *Buck Boost Converter* Dijaga Konstan 15V**

No.	Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)
1	0.00	0.00
2	1.00	0.00
3	2.00	0.00
4	3.00	3.59
5	4.00	15.01
6	5.00	15.00
7	6.00	15.00
8	7.00	15.00
9	8.00	15.00
10	9.00	15.00
11	10.00	15.00
12	11.00	15.00
13	12.00	15.01
14	13.00	15.01
15	14.00	15.00
16	15.00	15.00
17	16.00	15.01
18	17.00	15.01
19	18.00	15.01
20	19.00	15.00
21	20.00	15.01
22	21.00	15.01
23	22.00	15.01
24	23.00	15.01
25	24.00	15.01



#### 4.2.2 Pengujian Sensor Tegangan

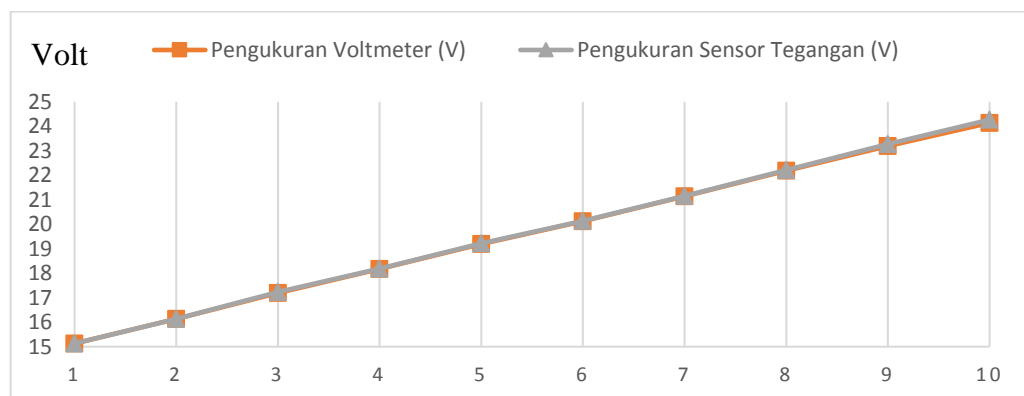
Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan sumber tegangan berupa *power supply*. Pengujian dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah rangkaian sudah berfungsi dengan baik atau belum. Sensor tegangan diuji dengan cara mengukur tegangan dengan rentang 15V – 24V dan hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan hasil pengukuran voltmeter digital.

Untuk menghitung galat atau *error* kesalahan pengukuran sensor digunakan persamaan (4.1). Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian sensor tegangan. Gambar 4.5 merupakan grafik hasil pengujian sensor tegangan.

$$\text{Galat} = \left| \frac{\text{Nilai Pengukuran} - \text{Nilai Acuan}}{\text{Nilai Acuan}} \right| \times 100\% \quad (4.1)$$

**Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Tegangan**

Pengukuran Voltmeter (V)	Pengukuran Sensor Tegangan (V)	Galat
15.13	15.13	0%
16.14	16.14	0%
17.20	17.23	0.17%
18.17	18.19	0.11%
19.20	19.22	0.1%
20.12	20.14	0.1%
21.14	21.16	0.09%
22.19	22.22	0.14%
23.20	23.27	0.3%
24.14	24.27	0.29%



**Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Pengukuran dengan Voltmeter dan Pengukuran dengan Sensor Tegangan**

#### 4.2.3 Pengujian *Relay Switch*

Pengujian *swithing relay* dilakukan dengan menggunakan *power supply*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah program dan rangkaian *driver relay* telah berfungsi dengan baik atau belum. Program yang diunggah ke Arduino Mega 2560 telah diatur agar mampu mengaktifkan dan menonaktifkan *relay* dengan kondisi tertentu. Adapun kriteria pengujian *relay switch* adalah saat tegangan yang terbaca oleh Arduino kurang dari 13.5V, *common* pada *relay* terhubung ke *normally closed* (NC) sehingga kondisi *relay* OFF. Dan saat tegangan yang terbaca Arduino sama dengan atau lebih dari 13.5V (baterai penuh), *common* terhubung ke *normally open* (NO) atau kondisi *relay* ON. Hasil pengujian *relay switch* ditunjukkan oleh tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Pengujian *Relay Switch***

<b>Tegangan Sensor (V)</b>	<b>Kriteria Pengujian Kondisi Relay</b>	<b>Hasil Pengujian Kondisi Relay</b>
11	<b>OFF</b>	<b>OFF</b>
11.5	<b>OFF</b>	<b>OFF</b>
12	<b>OFF</b>	<b>OFF</b>
12.5	<b>OFF</b>	<b>OFF</b>
13	<b>OFF</b>	<b>OFF</b>
13.5	<b>ON</b>	<b>ON</b>
14	<b>ON</b>	<b>ON</b>
14.5	<b>ON</b>	<b>ON</b>
15	<b>ON</b>	<b>ON</b>

#### 4.2.4 Pengujian Sensor Anemometer

Pengujian sensor anemometer dilakukan di lokasi penelitian, atap Gedung L Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta pada tanggal 14 Desember 2017. Pengujian bertujuan untuk mengetahui akurasi pembacaan sensor anemometer dengan cara membandingkan pembacaan sensor dengan anemometer tangan. Data hasil pengujian sensor anemometer ditunjukkan oleh tabel 4.4.

**Tabel 4.4 Pengujian Sensor Anemometer**

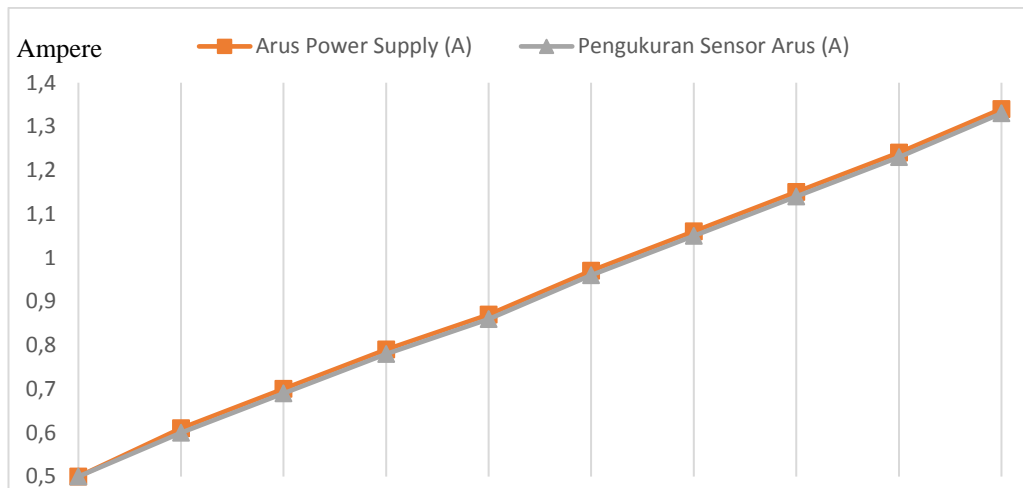
<b>Anemometer Tangan (m/s)</b>	<b>Sensor Anemometer (m/s)</b>	<b>Galat</b>
0.0	0.0	0%
1.9	1.91	0.52%
2.4	2.41	0.42%
2.9	2.92	0.69%
3.0	3.02	0.67%

#### 4.2.5 Pengujian Sensor Arus MAX471

Pengujian sensor arus dilakukan dengan sumber arus berupa *power supply*. Pengujian dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah program dan modul sensor arus sudah berfungsi dengan baik atau belum. Sensor arus diuji dengan cara mengukur arus yang mengalir dari sumber tegangan dengan rentang 6V – 15V dan dengan beban berupa hambatan sebesar 10Ω. Hasil pengukurannya akan dibandingkan dengan nilai arus yang ditampilkan oleh *power supply*. Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian sensor arus. Gambar 4.6 merupakan grafik hasil pengujian sensor arus MAX471.

**Tabel 4.5 Pengujian Sensor Arus MAX471**

<b>Tegangan (V)</b>	<b>Tampilan <i>Power Supply</i> (A)</b>	<b>Pengukuran Sensor Arus (A)</b>	<b>Galat</b>
6.0	0.50	0.50	0%
7.0	0.61	0.60	1.67%
8.0	0.70	0.69	1.45%
9.0	0.79	0.78	1.28%
10.0	0.87	0.86	1.16%
11.0	0.97	0.96	1.04%
12.0	1.06	1.05	0.95%
13.0	1.15	1.14	0.88%
14.0	1.24	1.23	0.81%
15.0	1.34	1.33	0.75%



**Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Sensor Arus MAX471**

#### 4.2.6 Pengujian Sensor Arah Angin (Kompas)

Sensor arah angin atau sensor kompas diuji dengan menghadapkan sensor ke berbagai arah dan hasil pengukurannya berupa derajat terhadap kutub utara bumi akan dibandingkan dengan aplikasi kompas pada *smartphone*. Perbandingan hasil pengukuran sensor kompas dengan aplikasi kompas di *smartphone* bertujuan untuk mengetahui apakah sensor kompas sudah berfungsi baik atau belum. Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengujian sensor kompas dengan modul magnetometer HMC5583L.

**Tabel 4. 6 Pengujian Sensor Arah Angin (Kompas)**

Arah	Kompas <i>Smartphone</i>	Sensor Kompas
Utara (N)	0°	0.04°
Timur Laut (NE)	45°	45.01°
Timur (E)	90°	90.16°
Tenggara (SE)	135°	135.07°
Selatan (S)	180°	180.03°
Barat Daya (SW)	225°	225.08°
Barat (W)	270°	270.02°
Barat Laut (NW)	315°	315.01°

#### 4.2.7 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Setelah dilakukan pengujian sub-sistem secara parsial, maka selanjutnya dilakukan pengujian sistem yang telah terintegrasi. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian pembangkitan listrik dengan tenaga angin untuk pengisian baterai, pengujian pengosongan baterai, dan pencatatan data yang dikirimkan ke *web server* melalui jaringan GPRS.

##### 4.2.7.1 Pengujian Pembangkitan Listrik (Tanpa Beban)

Pengujian pembangkitan listrik dengan tenaga angin hanya dapat dilakukan sumber tenaga angin terkendali. Pengujian pembangkitan listrik dilakukan dengan kondisi angin yang terkendali biasanya dengan menggunakan *wind tunnel*. Namun laboratorium tempat penelitian tidak memiliki fasilitas seperti *wind tunnel*, sehingga pengujian dilakukan dengan menggunakan motor DC yang di-*couple* dengan generator. Kecepatan putaran motor DC yang dinyatakan dengan satuan RPM dikonversi menjadi satuan m/s diasumsikan sebagai kecepatan angin yang memutar turbin untuk pembangkitan listrik dari putaran generator.

Untuk melakukan konversi kecepatan angin menjadi RPM dan sebaliknya, perlu didefinisikan beberapa parameter sesuai dengan persamaan (2.1) dan persamaan (2.2). Diketahui pada penelitian ini digunakan turbin angin dengan jari-jari bilah adalah 50 cm atau 0.5 m. Selain itu parameter lainnya adalah densitas udara ( $\rho$ ), koefisien performa ( $C_p$ ), torsi turbin angin ( $T$ ), kecepatan angin ( $v_{angin}$ ), dan kecepatan sudut ( $\omega$ ). Koefisien performa merupakan efisiensi dari sistem yang mempengaruhi banyaknya energi yang berhasil dikonversi oleh turbin angin dan generator. Untuk penelitian ini diasumsikan nilai  $\rho$  sebesar  $1.37\text{kg/m}^3$ ,  $C_p$  sebesar 0.3, dan  $T$  0.1 Nm. Dengan memasukkan nilai variabel yang telah diketahui maka

nilai  $v_{angin}$  dan  $\omega$  dapat dihitung dengan menggabungkan persamaan (2.1) dengan persamaan (2.2) menjadi persamaan (4.2) atau persamaan (4.3).

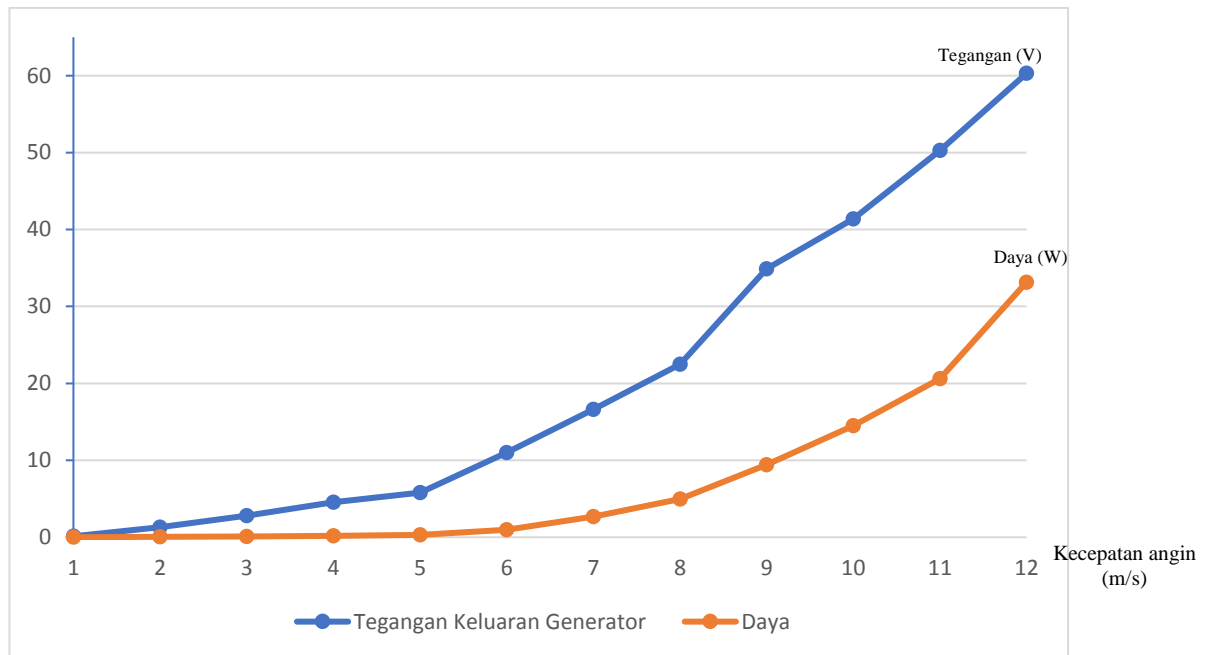
$$\omega = 1.61 \cdot v_{angin}^3 \quad (4.2)$$

$$v_{angin} = \sqrt[3]{\omega/1.61} \quad (4.3)$$

Tabel 4.7 merupakan hasil konversi m/s ke RPM dengan persamaan (4.2) dan sekaligus hasil pengujian pembangkitan listrik tenaga angin yang meliputi parameter yaitu tegangan keluaran generator, arus keluaran generator dengan kondisi *floating* (tanpa beban). Gambar 4.7 merupakan grafik tegangan keluaran generator.

**Tabel 4.7 Hasil Pengujian Pembangkitan Listrik Dengan Tenaga Angin  
(Tanpa Beban)**

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Generator (RPM)	Tegangan Keluaran Generator (V)	Arus Keluaran Generator (A)	Daya Keluaran Generator (W)
1	2	0.12	0.01	0.0012
2	13	1.29	0.03	0.04
3	43	2.8	0.03	0.09
4	103	4.53	0.04	0.18
5	201	5.8	0.05	0.29
6	348	11.0	0.09	0.99
7	552	16.6	0.16	2.66
8	824	22.5	0.22	4.95
9	1174	34.9	0.27	9.42
10	1610	41.4	0.35	14.49
11	2143	50.3	0.41	20.62
12	2782	60.3	0.55	33.16



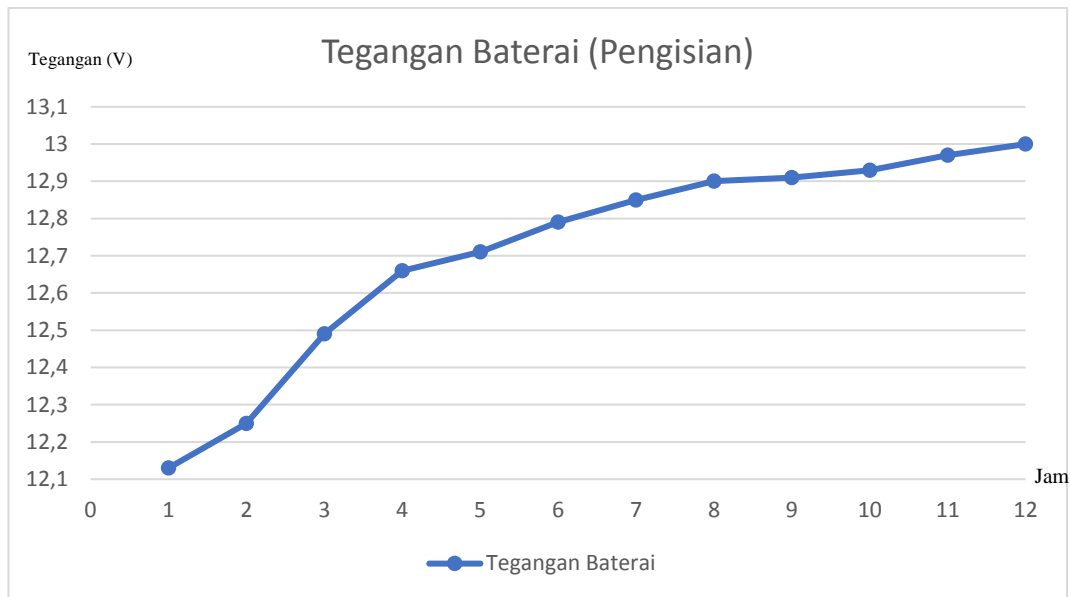
**Gambar 4.7 Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dengan Tegangan Keluaran Generator dan Daya Keluaran Generator**

#### 4.2.7.2 Pengujian Pengisian Baterai

Pengisian baterai dilakukan dengan energi listrik hasil konversi dari tenaga angin. Pembangkitan energi listrik dilakukan saat kecepatan angin memungkinkan, yaitu pada tanggal 16 Januari 2018 pukul 08.00 sampai dengan pukul 20.00. Hasil pengujian pengisian baterai ditunjukkan oleh tabel 4.8. Gambar 4.8 merupakan grafik tegangan baterai.

**Tabel 4.8 Hasil Pengujian Pengisian Baterai Dengan Sumber Listrik DC Tenaga Angin**

Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Generator (V)	Tegangan Pengisian (V)	Arus Pengisian (A)	Tegangan Baterai (V)
09.00	3.23	2	13.3	1.2	12.13
10.00	5.02	2.56	13.23	1	12.25
11.00	4.17	2.48	13.73	1.4	12.49
12.00	8.87	3.02	13.8	1.2	12.66
13.00	6.87	2.99	13.33	0.6	12.71
14.00	7.79	3.00	13.53	0.9	12.79
15.00	5.34	3.02	13.24	0.6	12.85
16.00	5.11	3.02	13.41	0.5	12.90
17.00	2.38	2.95	13.2	0.5	12.91
18.00	3.84	3.04	13.37	0.5	12.93
19.00	3.33	3.00	13.38	0.4	12.97
20.00	4.02	3.01	13.24	0.2	13.00



**Gambar 4.8 Grafik Tegangan Baterai Dari Kondisi Kosong Sampai Kondisi Penuh**

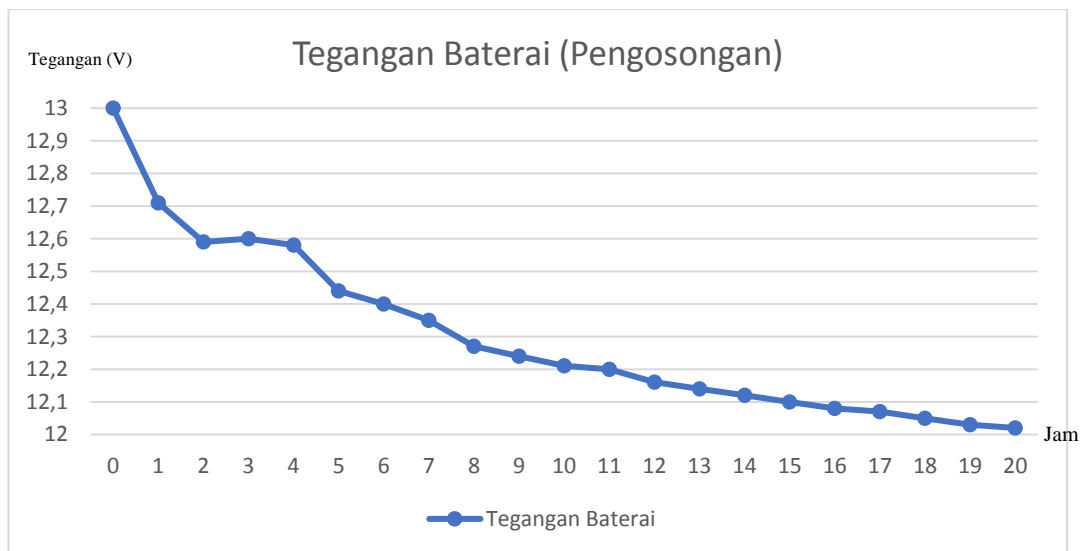
#### 4.2.7.3 Pengujian Pengosongan Baterai

Selanjutnya dilakukan pengujian pengosongan baterai dengan beban sistem dengan tujuan untuk mengetahui lama waktu menyuplai beban. Pengujian pengosongan baterai dilakukan dengan kondisi tanpa masukan dari generator. Beban sistem yang mendapat suplai daya dari baterai adalah Arduino Mega 2560, sensor anemometer, sensor RPM, sensor kompas, LCD, dan *GSM/GPRS Shield*. Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 pada tanggal 17 Januari 2018 dengan kondisi awal baterai dengan tegangan sebesar 13 Volt. Hasil pengujian pengosongan baterai ditunjukkan oleh tabel 4.9. Gambar 4.9 merupakan grafik tegangan baterai saat dilakukan pengosongan atau digunakan untuk menyuplai daya untuk beban.



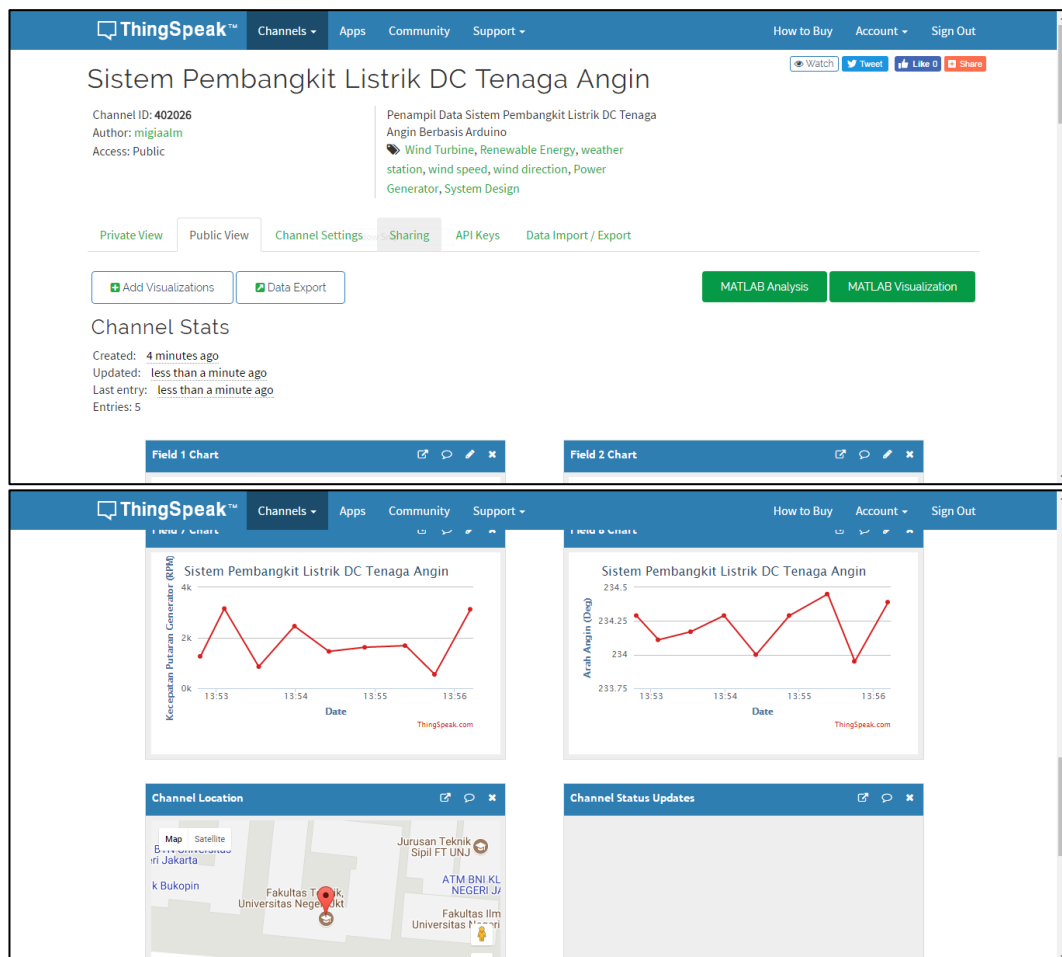
**Tabel 4.9 Hasil Pengujian Pengosongan Baterai**

No.	Jam	Tegangan Baterai (V)
1	08.00	13.00
2	09.00	12.71
3	10.00	12.59
4	11.00	12.60
5	12.00	12.58
6	13.00	12.44
7	14.00	12.40
8	15.00	12.35
9	16.00	12.27
10	17.00	12.24
11	18.00	12.21
12	19.00	12.20
13	20.00	12.16
14	21.00	12.14
15	22.00	12.12
16	23.00	12.10
17	00.00	12.08
18	01.00	12.07
19	02.00	12.05
20	03.00	12.03
21	04.00	12.02

**Gambar 4.9 Grafik Tegangan Baterai Saat Pengosongan**

#### 4.2.7.4 Pengujian Pengiriman dan Penampilan Data Melalui Web

Tahap terakhir pengujian sistem yang telah diintegrasikan adalah pengujian pencatatan dan penampilan data pada *web server* yaitu ThingSpeak. Data dari sistem dikirimkan ke ThingSpeak menggunakan jaringan GPRS yang ditangani oleh *GSM/GPRS Shield*. Data yang telah dikirimkan ke ThingSpeak dapat dilihat melalui *web browser* melalui tautan <https://thingspeak.com/channels/402026> ataupun melalui aplikasi ThingView pada *smartphone* Android dengan menambahkan *channel* 402026. Dokumentasi hasil pengujian pencatatan dan penampilan data ditunjukkan oleh Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



**Gambar 4.10 Akses Tampilan Data Sistem Pada Channel di ThingSpeak Melalui Web Browser di Laptop**



**Gambar 4.11 Akses Tampilan Data Sistem Pada Channel di ThingSpeak Melalui Aplikasi ThingView di Smartphone Android**

Pada tahap pengujian ini didapatkan data dari sensor yang dikirimkan ke *web server* berupa data kondisi kecepatan angin dan arah angin. Data yang dikirimkan ke *web server* sebagai penyimpanan dan penampil data sistem informasi kecepatan angin dan arah angin dapat dilihat pada tabel 4.10.

**Tabel 4.10 Data Kecepatan Angin dan Arah Angin yang Tersimpan di Web Server Pada Tanggal 16 Januari 2018**

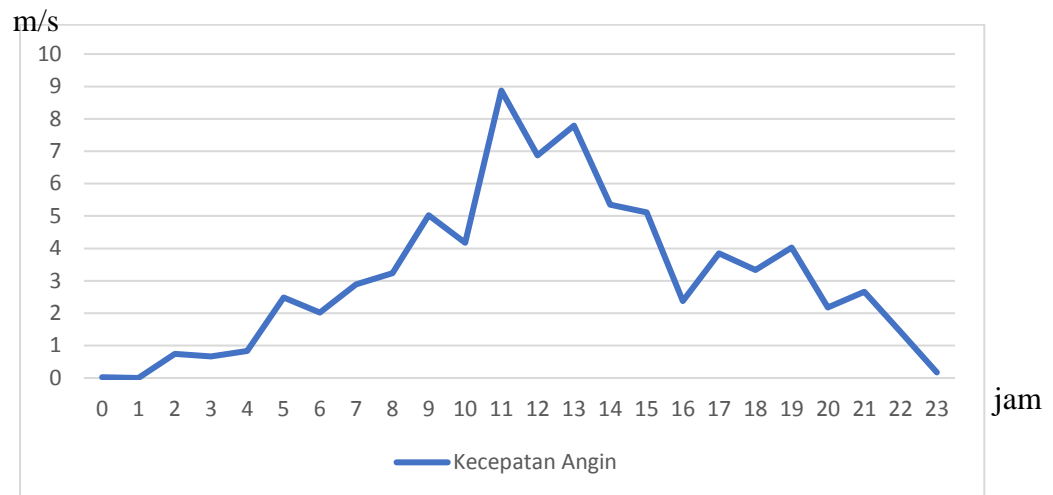
No.	Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin (deg)
1	00.00	0.09	237.85
2	00.10	0.00	240.86
3	00.20	0.00	239.14
4	00.30	0.00	241.06
5	00.40	0.00	238.77
6	00.50	0.00	238.96
7	01.00	0.00	222.65
8	01.10	0.00	227.73
9	01.20	0.00	225.70
10	01.30	0.00	226.17
11	01.40	0.00	227.51
12	01.50	0.03	228.51
13	02.00	0.08	276.99
14	02.10	0.00	272.81
15	02.20	0.00	271.12
16	02.30	0.00	274.07
17	02.40	0.00	276.50
18	02.50	0.00	251.26
19	03.00	0.00	92.68

No.	Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin (deg)
20	03.10	0.00	89.29
21	03.20	0.00	92.44
22	03.30	0.00	91.48
23	03.40	0.00	91.20
24	03.50	0.00	103.05
25	04.00	0.51	266.48
26	04.10	0.83	263.73
27	04.20	1.35	263.94
28	04.30	0.64	261.72
29	04.40	0.70	262.38
30	04.50	1.13	240.13
31	05.00	2.23	17.94
32	05.10	2.87	16.32
33	05.20	3.00	15.38
34	05.30	2.05	14.25
35	05.40	2.59	14.74
36	05.50	2.16	39.09
37	06.00	1.57	284.78
38	06.10	1.71	283.93
39	06.20	1.77	285.42
40	06.30	2.04	286.75
41	06.40	2.50	286.98
42	06.50	2.71	280.48
43	07.00	2.67	212.06
44	07.10	1.84	213.33
45	07.20	3.13	207.97
46	07.30	3.19	211.78
47	07.40	2.79	212.53
48	07.50	3.37	193.61
49	08.00	2.70	13.94
50	08.10	4.06	180.13
51	08.20	2.87	347.57
52	08.30	3.33	344.73
53	08.40	3.53	347.00
54	08.50	3.35	317.17
55	09.00	4.96	13.94
56	09.10	5.02	14.75
57	09.20	4.96	15.97
58	09.30	5.08	12.84
59	09.40	5.03	12.65
60	09.50	4.96	34.76
61	10.00	4.08	237.55
62	10.10	4.17	240.86
63	10.20	4.30	239.14
64	10.30	4.19	241.06

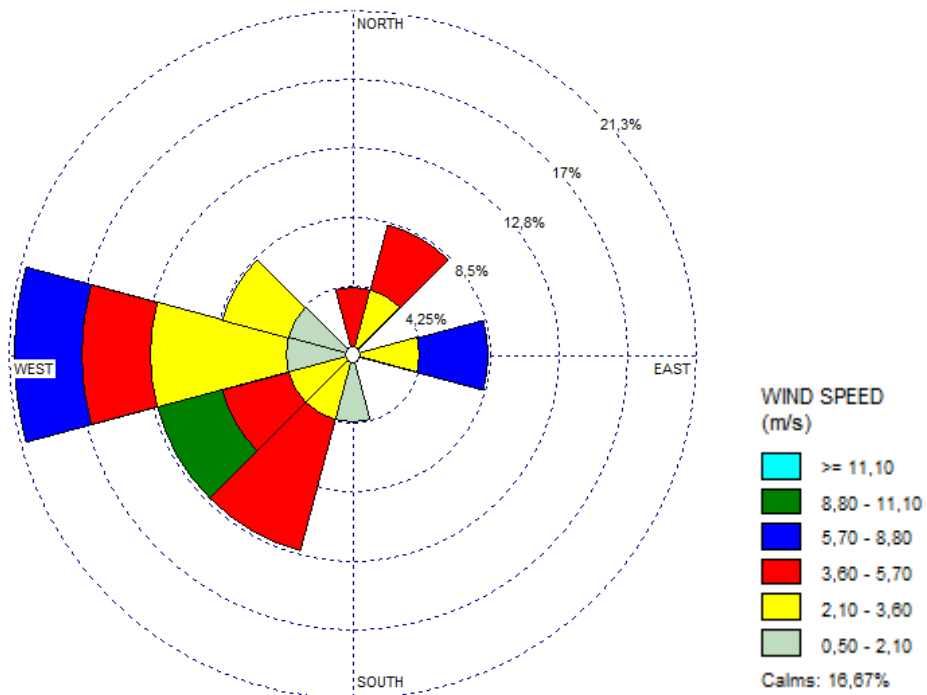
No	Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin (deg)
65	10.40	4.11	238.77
66	10.50	4.62	237.82
67	11.00	8.76	222.24
68	11.10	9.00	227.73
69	11.20	8.95	225.70
70	11.30	8.78	226.17
71	11.40	8.93	227.51
72	11.50	8.61	228.51
73	12.00	6.88	276.55
74	12.10	6.77	272.81
75	12.20	6.91	271.12
76	12.30	6.84	274.07
77	12.40	6.91	276.50
78	12.50	6.99	251.26
79	13.00	7.82	92.68
80	13.10	7.74	89.29
81	13.20	7.81	92.44
82	13.30	7.78	91.48
83	13.40	7.73	91.20
84	13.50	7.61	103.05
85	14.00	5.36	266.48
86	14.10	5.27	263.73
87	14.20	5.35	263.94
88	14.30	5.30	261.72
89	14.40	5.42	262.38
90	14.50	5.36	240.13
91	15.00	5.06	17.94
92	15.10	5.13	16.32
93	15.20	5.04	15.38
94	15.30	5.26	14.25
95	15.40	5.10	14.74
96	15.50	4.86	39.09
97	16.00	2.64	284.78
98	16.10	2.61	283.93
99	16.20	2.59	285.42
100	16.30	2.66	286.75
101	16.40	2.50	286.98
102	16.50	2.71	280.48
103	17.00	3.85	212.06
104	17.10	3.78	213.33
105	17.20	3.77	207.97
106	17.30	3.83	211.78
107	17.40	3.83	212.53
108	17.50	3.69	212.24
109	18.00	3.31	229.54

No	Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin (deg)
110	18.10	3.31	227.79
111	18.20	3.43	231.49
112	18.30	3.28	229.83
113	18.40	3.30	231.21
114	18.50	3.40	228.84
115	19.00	3.97	197.87
116	19.10	4.04	197.98
117	19.20	4.57	196.38
118	19.30	4.83	200.48
119	19.40	3.66	200.39
120	19.50	3.13	206.13
121	20.00	2.24	345.59
122	20.10	2.42	348.63
123	20.20	2.02	345.54
124	20.30	1.91	345.16
125	20.40	1.92	119.28
126	20.50	2.41	15.56
127	21.00	3.90	15.08
128	21.10	3.09	13.76
129	21.20	4.08	13.88
130	21.30	3.93	13.42
131	21.40	0.00	176.30
132	21.50	0.81	219.73
133	22.00	2.10	15.08
134	22.10	0.15	129.00
135	22.20	1.47	239.14
136	22.30	1.66	241.06
137	22.40	1.64	238.77
138	22.50	1.47	238.61
139	23.00	1.30	224.20
140	23.10	0.15	222.65
141	23.20	0.00	227.54
142	23.30	0.00	225.52
143	23.40	0.00	226.97
144	23.50	3.31	227.79
145	24.00	3.43	231.49

Gambar 4.12 menunjukkan grafik kecepatan angin selama 24 jam pada tanggal 16 Januari 2018 saat dilakukan pengujian sistem. Sedangkan Gambar 4.13 menunjukkan grafik arah angin pada saat yang sama.



**Gambar 4.12 Grafik Kecepatan Angin di Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta Pada 16 Januari 2018**



**Gambar 4.13 Grafik Arah Angin dan Kecepatan Angin (Windrose Diagram) di Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta Pada 16 Januari 2018**

### 4.3 Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian terhadap modul *buck boost converter XL6009* untuk menjaga tegangan keluaran konstan 15V untuk digunakan sebagai tegangan pengisian baterai, maka dapat dikatakan bahwa modul berfungsi dengan baik.

Modul *buck boost converter XL6009* dapat menjaga tegangan keluaran tetap pada kisaran 15V meskipun diberikan tegangan masukan bervariasi antara 0V – 20V. Saat diberi tegangan masukan 0V sampai dengan 3V tegangan keluaran modul tidak sampai 15V, sedangkan saat diberikan tegangan masukan sebesar 5V, 6V, 7V, 8V, 9V, 10V, 11V, 14V, 15V, dan 19V modul menghasilkan tegangan keluaran tepat 15.00V. Sedangkan saat diberikan tegangan masukan 4V, 12V, 13V, 16V, 17V, 18V, 20V, 21V, 22V, 23V, dan 24V modul menghasilkan tegangan keluaran 15.01V. Hal ini sesuai dengan spesifikasi modul yang ditunjukkan oleh tabel 3.2 di mana tegangan *ripple* modul adalah 50mV dan tegangan masukan minimum modul adalah 3.8V.

Hasil pengujian sensor tegangan berupa rangkaian pembagi tegangan yang akan digunakan sebagai sensor untuk mengukur tegangan keluaran generator, tegangan pengisian baterai, dan tegangan baterai menunjukkan bahwa sensor sudah berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan antara 15V – 24V. Hasil pengukuran oleh sensor dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan voltmeter digital dan didapat data seperti ditampilkan oleh tabel 4.2. Dari tabel 4.2 diketahui bahwa toleransi kesalahan pengukuran atau galat dari sensor tegangan paling besar adalah 0.3%.

Pengujian *relay switch* yang digunakan untuk memutus dan menghubungkan tegangan pengisian baterai menunjukkan bahwa dengan baterai telah berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan pada sensor dengan rentang 11V – 15V. Saat diberikan tegangan 11V *relay* tetap berada pada kondisi tidak aktif (OFF) yang diindikasikan dengan LED yang tidak menyala. Begitu pun saat diberikan tegangan 11.5V, 12V, 12.5V, dan 13V *relay*



tetap dalam kondisi OFF. Namun setelah diberikan tegangan 13.5V, 14V, 14.5V, dan 15V kondisi *relay* berubah menjadi aktif (ON) yang diindikasikan dengan LED yang menyala. Dokumentasi pengujian *relay switch* dapat dilihat di lampiran.

Setelah dilakukan pengujian sensor anemometer yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin, maka dapat dikatakan bahwa sensor anemometer telah berfungsi dengan baik. Pengujian yang dilakukan dengan cara membandingkan pembacaan sensor dengan anemometer tangan mengambil 5 data kecepatan angin yaitu 0.0 m/s, 1.9 m/s, 2.4 m/s, 2.9 m/s dan 3.0 m/s. Berdasarkan tabel 4.4 diketahui bahwa kesalahan pengukuran atau galat dari sensor anemometer adalah 0% untuk kecepatan angin 0.0 m/s, 0.52% untuk kecepatan angin 1.9 m/s, 0.42% untuk kecepatan angin 2.4 m/s, 0.69% untuk kecepatan angin 2.9 m/s, dan 0.67% untuk kecepatan angin 3.0 m/s.

Hasil pengujian sensor arus MAX471 menunjukkan bahwa sensor telah berfungsi dengan baik. Sensor arus diuji dengan cara mengukur arus yang mengalir dari sumber tegangan dengan rentang 6V – 15V dan dengan beban berupa hambatan sebesar 10 $\Omega$ . Saat diberikan tegangan 6V sensor mendeteksi nilai arus sebesar 0.5A persis seperti yang ditunjukkan oleh *power supply*. Saat diberikan tegangan 7V sensor mendeteksi nilai arus sebesar 0.6A berbeda 0.01A dibandingkan tampilan pada *power supply* sehingga didapat galat sebesar 1.67%. Saat diberikan tegangan 8V sensor mendeteksi nilai arus sebesar 0.69A berbeda 0.01A dibandingkan tampilan pada *power supply* sehingga didapat galat sebesar 1.45%. Saat diberikan tegangan 9V sensor mendeteksi nilai arus sebesar 0.78A berbeda 0.01A dibandingkan tampilan pada *power supply* sehingga didapat galat sebesar 1.28%. Saat diberikan tegangan 10V sensor mendeteksi nilai arus sebesar 0.86A berbeda

0.01A dibandingkan tampilan pada *power supply* sehingga didapat galat sebesar 1.16%.

Saat diberikan tegangan 11V sensor mendeteksi nilai arus sebesar 0.96A berbeda 0.01A dibandingkan tampilan pada *power supply* sehingga didapat galat sebesar 1.04%. Saat diberikan tegangan 12V sensor mendeteksi nilai arus sebesar 1.05A berbeda 0.01A dibandingkan tampilan pada *power supply* sehingga didapat galat sebesar 0.95%. Saat diberikan tegangan 13V sensor mendeteksi nilai arus sebesar 1.14A berbeda 0.01A dibandingkan tampilan pada *power supply* sehingga didapat galat sebesar 0.88%. Saat diberikan tegangan 14V sensor mendeteksi nilai arus sebesar 1.23A berbeda 0.01A dibandingkan tampilan pada *power supply* sehingga didapat galat sebesar 0.81%. Saat diberikan tegangan 15V sensor mendeteksi nilai arus sebesar 1.33A berbeda 0.01A dibandingkan tampilan pada *power supply* sehingga didapat galat sebesar 0.75%.

Hasil pengujian sensor kompas dengan modul magnetometer HMC5583L menunjukkan bahwa sensor kompas telah berfungsi dengan baik. Sensor arah angin atau sensor kompas diuji dengan menghadapkan sensor ke berbagai arah dan hasil pengukurannya berupa derajat terhadap kutub utara bumi dibandingkan dengan aplikasi kompas pada *smartphone*. Berdasarkan tabel 4.6 diketahui bahwa saat dihadapkan ke arah utara sensor kompas menunjukkan 0.04°. Saat dihadapkan ke arah timur laut sensor kompas menunjukkan 45.01°. Saat dihadapkan ke arah timur sensor kompas menunjukkan 90.16°. Saat dihadapkan ke arah tenggara sensor kompas menunjukkan 135.07°. Saat dihadapkan ke arah selatan sensor kompas menunjukkan 180.03°. Saat dihadapkan ke arah barat daya sensor kompas

menunjukkan  $225.08^\circ$ . Saat dihadapkan ke arah barat sensor kompas menunjukkan  $270.02^\circ$ . Saat dihadapkan ke arah barat laut sensor kompas menunjukkan  $315.01^\circ$ .

Pengujian pembangkitan listrik dilakukan dengan menggunakan motor DC yang di-*couple* dengan generator. Kecepatan putaran motor DC (RPM) merupakan simulasi kecepatan angin yang telah dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1) dan persamaan (2.2). Hasil pengukuran yang didapat adalah dengan kondisi generator tanpa beban atau terminal positif dan negatif generator mengambang/tidak terhubung. Saat kecepatan angin 1 m/s hanya dihasilkan daya sebesar 0.0012 Watt. Saat kecepatan angin 2 m/s dihasilkan daya sebesar 0.04 Watt. Saat kecepatan angin 3 m/s dihasilkan daya sebesar 0.09 Watt. Saat kecepatan angin 4 m/s dihasilkan daya sebesar 0.18 Watt. Saat kecepatan angin 5 m/s dihasilkan daya sebesar 0.29 Watt. Saat kecepatan angin 6 m/s dihasilkan daya sebesar 0.99 Watt. Saat kecepatan angin 7 m/s dihasilkan daya sebesar 2.66 Watt. Saat kecepatan angin 8 m/s dihasilkan daya sebesar 4.95 Watt. Saat kecepatan angin 9 m/s didapatkan daya sebesar 9.42 Watt. Saat kecepatan angin 10 m/s dihasilkan daya sebesar 14.49 Watt. Saat kecepatan angin 11 m/s dihasilkan daya sebesar 20.62 Watt. Saat kecepatan angin 12 m/s didapatkan daya sebesar 33.16 Watt. Hasil pengujian yang disajikan pada tabel 4.7 dan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan angin, semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh generator, maka listrik yang dibangkitkan pun semakin besar.

Pengujian pengisian baterai dengan sumber listrik DC dari generator dilakukan mulai pukul 08.00 pada tanggal 16 Januari 2018 dengan kondisi awal tegangan baterai sebesar 12 Volt. Pada tabel 4.8 diketahui bahwa tegangan keluaran generator yang dihubungkan ke beban berbeda dengan saat kondisi tanpa beban.

Saat diberikan beban, rata-rata tegangan keluaran generator turun menjadi kisaran 2 Volt sampai dengan 3 Volt, hal ini terjadi karena terdapat beban pada terminal positif dan negatif generator. Walaupun tegangan keluaran generator mengalami penurunan dan tegangan keluaran modul *buck-boost converter* tidak mencapai 15V pengisian baterai tetap dapat dilakukan karena berdasarkan tabel 4.8 rata-rata tegangan pengisian baterai masih melebihi tegangan baterai. Nilai tegangan generator, tegangan baterai, tegangan pengisian, arus pengisian, dan kecepatan angin pada tabel 4.8 merupakan nilai rata-rata dengan rentang waktu satu jam. Berdasarkan Gambar 4.8 diketahui bahwa tegangan baterai terus meningkat terhadap waktu karena dilakukan pengisian (*charging*) dengan menggunakan sumber listrik DC yang dikonversi dari tenaga angin.

Pengujian pengosongan baterai dengan beban sistem dilakukan mulai pukul 08.00 pada tanggal 17 Januari 2018 dengan kondisi awal baterai dengan tegangan sebesar 13 Volt. Berdasarkan tabel 4.10 dan Gambar 4.9 diketahui bahwa tegangan baterai terus mengalami penurunan karena digunakan untuk menyuplai daya untuk sistem. Pada pukul 08.00 sampai pukul 09.00, tegangan rata-rata baterai adalah sebesar 12.71 Volt. Pada pukul 09.00 sampai dengan 10.00, tegangan rata-rata baterai adalah sebesar 12.59 Volt. Pada pukul 10.00 sampai 11.00, sebesar 12.60 Volt. Pada pukul 11.00 sampai 12.00, sebesar 12.58 Volt. Pada pukul 12.00 sampai 13.00 kembali mengalami penurunan menjadi 12.44 Volt. Pada pukul 13.00 sampai 14.00, tegangan rata-rata baterai sebesar 12.40 Volt. Pada pukul 14.00 sampai 15.00, tegangan rata-rata baterai sebesar 12.35 Volt. Pada pukul 15.00 sampai 16.00, tegangan rata-rata baterai sebesar 12.27 Volt. Pada pukul 16.00 sampai 17.00 pada tanggal 17 Januari 2018, tegangan rata-rata baterai sebesar 12.24 Volt. Pada

pukul 17.00 sampai pukul 18.00, tegangan rata-rata baterai sebesar 12.21 Volt. Pada pukul 18.00 sampai pukul 19.00, tegangan rata-rata baterai sebesar 12.20 Volt. Pada pukul 19.00 sampai pukul 20.00, tegangan rata-rata baterai turun menjadi 12.16 Volt. Pada pukul 20.00 sampai pukul 21.00 tegangan rata-rata baterai tetap, yaitu sebesar 12.14 Volt. Pada pukul 21.00 sampai 22.00, tegangan rata-rata baterai sebesar 12.12 Volt. Pada pukul 22.00 sampai 23.00, tegangan rata-rata baterai mengalami penurunan menjadi 12.10 Volt. Pada pukul 23.00 sampai 00.00, tegangan rata-rata baterai mengalami penurunan menjadi 12.08 Volt. Pada pukul 00.00 sampai 01.00, tegangan rata-rata baterai mengalami penurunan menjadi 12.07 Volt. Pada pukul 01.00 sampai 02.00, tegangan rata-rata baterai mengalami penurunan menjadi 12.05 Volt. Pada pukul 02.00 sampai 03.00, tegangan rata-rata baterai mengalami penurunan menjadi 12.03 Volt. Dan pada pukul 03.00 sampai 04.00, tegangan rata-rata baterai mengalami penurunan menjadi 12.02 Volt yang telah mendekati kisaran batas kondisi baterai dalam kondisi kosong. Hasil pengujian menunjukkan bahwa baterai dengan kondisi awal sebesar 13 Volt dapat menyuplai beban selama 20 jam, yaitu mulai pukul 08.00 sampai pukul 04.00 keesokan harinya. Jika dengan asumsi bahwa kondisi awal baterai sebelum pengujian adalah dalam kapasitas penuh 7.2 Ah, maka beban sistem yang disuplai oleh baterai adalah sebesar 360mA.

Hasil pengujian pencatatan dan penampilan data pada *web server* yaitu ThingSpeak menunjukkan bahwa data yang diambil oleh sistem telah berhasil dikirimkan dan ditampilkan dengan baik pada *web server*. Data yang telah dikirimkan ke ThingSpeak dapat dilihat melalui *web browser* melalui tautan <https://thingspeak.com/channels/402026> ataupun melalui aplikasi ThingView pada

*smartphone* Android dengan menambahkan *channel* 402026. Selain itu data juga dapat diekspor ke dalam format CSV untuk dilakukan pengolahan data dan analisis lebih lanjut seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 yang merupakan hasil pengolahan data kecepatan angin dan arah angin yang dicatat oleh sistem dengan menggunakan aplikasi WRPlot View.

#### 4.4 Aplikasi Hasil Penelitian

Sistem pembangkit listrik DC tenaga angin yang telah selesai dibuat dan diuji dapat diterapkan sebagai suplai energi listrik DC di lokasi terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik PLN. Selain itu sistem ini juga dapat digunakan untuk mengisi baterai yang digunakan untuk suplai energi stasiun cuaca berbasis telemetri yang ditempatkan di lokasi terpencil yang tidak dapat dijangkau oleh jaringan listrik PLN namun masih mendapatkan sinyal jaringan GPRS yang digunakan untuk mengirimkan data ke *web server*.

Data yang dikirimkan oleh sistem informasi dan tersimpan di *web server* dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti *weather forecasting* atau peramalan cuaca dan analisis potensi kecepatan angin di lokasi penempatan sistem untuk riset dan pengembangan pembangkitan listrik tenaga angin di masa yang akan datang.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Perancangan sistem pembangkit listrik DC tenaga angin berbasis Arduino menggunakan generator DC untuk membangkitkan listrik, tegangan keluaran generator dikendalikan oleh *buck-boost converter* untuk menjaga tegangan pengisian tetap atau mendekati 15V untuk digunakan mengisi baterai VRLA 12V 7.2Ah. Saat kondisi baterai penuh, yaitu mencapai 13V pengisian baterai secara otomatis terputus oleh *relay switch*. Saat pengujian, sistem dapat mengisi baterai sampai penuh selama 12 jam dan baterai dapat menyuplai daya bagi sistem informasi yang merupakan beban sistem selama 20 jam.

Perancangan sistem informasi berbasis IoT untuk mencatat dan mengirimkan data kecepatan angin, arah angin, tegangan dan arus keluaran generator, kecepatan putar generator, tegangan dan arus pengisian, dan tegangan baterai ke *web server* dengan jaringan GPRS dapat dilihat melalui *web browser* dan aplikasi ThingView pada *smartphone* Android. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat mencatat dan menyimpan data informasi sistem pembangkit listrik DC tenaga angin ke *web server* untuk dilakukan pengolahan data dan analisis lebih lanjut.

#### 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Pengambilan data penelitian, khususnya kecepatan angin dan arah angin, dilakukan dalam jangka panjang untuk benar-benar mengetahui potensi energi angin di lokasi penelitian.

2. Pengembangan penelitian untuk menganalisis potensi energi angin di lokasi yang berbeda dengan memaksimalkan penggunaan sistem informasi. Data yang dikumpulkan ke *web server* oleh sistem informasi dapat digunakan untuk mengetahui potensi angin di berbagai lokasi yang selanjutnya dapat dilakukan pemetaan potensi energi angin.
3. Pengembangan penelitian dengan rancangan sistem yang memiliki kapasitas penyimpanan baterai lebih besar atau dengan tambahan baterai cadangan, serta menggunakan generator yang dapat menghasilkan daya lebih besar untuk menyuplai beban yang lebih besar seperti penerangan di daerah terpencil.
4. Pengembangan penelitian dengan menggunakan ukuran bilah dan desain bilah yang berbeda serta generator dengan kapasitas pembangkitan daya yang berbeda. Data yang didapat dari penggunaan bilah dan generator yang berbeda kemudian dapat dianalisis untuk mengetahui rancangan mana yang lebih efektif.
5. Pengembangan penelitian dengan rancangan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid*, yaitu pembangkitan listrik dengan tenaga angin dan tenaga surya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahadina, Andita Rani. 2016. "Pengendalian Sumber Tegangan Untuk Charging Accu Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Berbasis Arduino Mega 2560 (Studi Penelitian Di Nano Center Indonesia)." Universitas Negeri Jakarta.
- Aji, Seno. 2017. "Mengenal Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Bagian 1)." <https://seword.com/techno/mengenal-pembangkit-listrik-tenaga-bayu-bagian-1>.
- Arduino.cc. 2017. "Arduino Mega2560." : ArduinoMega2560. <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoMega2560> (May 8, 2017).
- Astu, Pudjanarsa, and Nursuhud Djati. 2013. *Mesin Konversi Energi*. ed. FL. Sigit Suyantoro. Yogyakarta: Andi.
- Battery University. 2017a. "Battery Definitions – Battery University." [http://batteryuniversity.com/learn/article/battery\\_definitions](http://batteryuniversity.com/learn/article/battery_definitions) (January 5, 2017).
- . 2017b. "Measuring State-of-Charge - Battery University." [http://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/how\\_to\\_measure\\_state\\_of\\_charge](http://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/how_to_measure_state_of_charge) (January 5, 2017).
- Bishop, Owen. 2002. *Dasar-Dasar Elektronika*. eds. Irzam Harmein and Hilarius Wibi Hardani. Jakarta: Erlangga.
- Communica. 2017. "AZL GPRS/GSM Shield SIM900." : Catalog. <http://www.communica.co.za/Catalog/Details/P3727207684> (December 13, 2017).
- Contained Energy Indonesia. 2011. *Buku Panduan Energi Yang Terbarukan*. [http://spae.teknik.ub.ac.id/wp-content/uploads/2016/11/Buku-Panduan-Energi-yang-Terbarukan\\_guidebook-renewable-energy-small.pdf](http://spae.teknik.ub.ac.id/wp-content/uploads/2016/11/Buku-Panduan-Energi-yang-Terbarukan_guidebook-renewable-energy-small.pdf).
- Encyclopedia, com. 2004. "System Design - Dictionary Definition of System Design | Encyclopedia.com: FREE Online Dictionary." *A Dictionary of Computing*. <http://www.encyclopedia.com/computing/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/system-design> (December 18, 2017).
- Fatta, Hanif Al (STMIK Amikom Yogyakarta). 2007. *Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Untuk Keunggulan Bersaing Perusahaan Dan Organisasi*. ed. Agnes Heni Triyuliana. Yogyakarta: Andi Offset. <https://books.google.co.id/books?id=oHi8C1W4N7wC&pg=PA3&dq=definisi+sistem&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiUtLmz7uzYAhUEH5QKHROhA0AQ6AEIKTAA#v=onepage&q=definisi+sistem&f=false>.
- Kadir, Abdul. 2015. *Buku Pintar Pemrograman Arduino*. ed. MediaKom. Yogyakarta.
- KESDM. 2016. "Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 5899 K/20/MEM/2016 Tentang Pengesahan Rencana

- Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 S.d. 2025.” [www.djk.esdm.go.id/pdf/RUPTL/RUPTL PLN 2016-2025.pdf](http://www.djk.esdm.go.id/pdf/RUPTL/RUPTL PLN 2016-2025.pdf).
- Kurniawan, R. 2010. *PHP & MySQL Untuk Orang Awam*. Palembang: Maxikom.
- Lentera Angin Nusantara. 2014. “Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin.”
- Mahmuddin, Faisal, Ahmad Yusran Yusran, and Syerly Klara. 2017. “On The Use of An Arduino-Based Controller To Control The Charging Process of A Wind Turbine.” *American Institute of Physics* (March): 20065-1-020065–10.
- Maseleno, A. 2003. “Kamus Istilah Komputer Dan Informatika.” [http://elibrary.bsi.ac.id/ebook/Kamus\\_Istilah\\_Komputer.pdf](http://elibrary.bsi.ac.id/ebook/Kamus_Istilah_Komputer.pdf) (December 13, 2017).
- MathWorks. 2017. “Learn More About ThingSpeak.” [https://thingspeak.com/pages/learn\\_more](https://thingspeak.com/pages/learn_more) (December 20, 2017).
- Ndiaye, Ababacar, Cheikh M. F. Kébé, Vincent Sambou, and Papa Alioune Ndiaye. 2014. “Development of a Charge Controller Dedicated to the Small Wind Turbine System.” *Energy and Environment Research* 4(3): 68–77. [https://www.researchgate.net/publication/268687466\\_Development\\_of\\_a\\_Charge\\_Controller\\_Dedicated\\_to\\_the\\_Small\\_Wind\\_Turbine\\_System](https://www.researchgate.net/publication/268687466_Development_of_a_Charge_Controller_Dedicated_to_the_Small_Wind_Turbine_System).
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Edisi ke-2. eds. Edi Leksono, Sahat Pakpahan, and Hosea Tanutama. Jakarta: Erlangga.
- Rafi’i, Muhammad. 2008. *Cara Cepat Membuat Website Untuk Pemula*. Surabaya: Tiara Aksa.
- Sanjaya, Mada. 2016. *Membuat Robot Arduino Bersama Profesor Bolabot Menggunakan Interface Phyton*. Yogyakarta: Gava Media.
- Santos, Sara. 2017. “Guide to SIM900 GSM GPRS Shield with Arduino.” <https://randomnerdtutorials.com/sim900-gsm-gprs-shield-arduino/> (January 22, 2018).
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumanto. 1995. *Mesin Arus Searah*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sutarti, Tatik, and Edi Irawan. 2017. *Kiat Sukses Meraih Hibah Penelitian Pengembangan*. ed. Mulyadi. Yogyakarta: Deepublish. [https://books.google.co.id/books?id=RIInDwAAQBAJ&pg=PA33&dq=langkah+pengembangan+borg+gall&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjV0oKex\\_7YAhXEp48KHc1eD-0Q6AEIMDAB#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.id/books?id=RIInDwAAQBAJ&pg=PA33&dq=langkah+pengembangan+borg+gall&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjV0oKex_7YAhXEp48KHc1eD-0Q6AEIMDAB#v=onepage&q&f=false).
- Techopedia.com. 2017. “What Is System Design? - Definition from Techopedia.” <https://www.techopedia.com/definition/29998/system-design> (December 18, 2017).

- Valade, Janet. 2010. *PHP & MySQL For Dummies*. 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Wahab, Wahidin, Nirvansyah Ardie, and Nurul Taufiqu Rochman. 2016. "Analysis and Design of a Fuzzy Logic Controlled Buck Boost Converter For a Wind Turbine Power Generation." In *The 7th Indonesia Japan Joint Scientific Symposium*, , 200–207.
- Wargadalam, Verina J. 2014. "Potensi Energi Angin Dan Kelayakan Harga Listrik Yang Dihasilkan." *Majalah Mineral dan Energi Media Informasi dan Komunikasi Litbang Energi dan Sumber Daya Mineral* 12(1): 44–49.

## **LAMPIRAN**

### Sketch Program Arduino

```

/*
Program Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin
Oleh Abdul Goffar Al Mubarak
Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika
Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta
2013
*/

#include<Wire.h>
#include <elapsedMillis.h>
#include "LiquidCrystal_I2C.h"
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7);

#include <NeoSWSerial.h>
//Variabel GSM/GPRS Shield
NeoSWSerial gprsSerial(10, 11);

#include <HMC5883L_Simple.h>
// Create a compass
HMC5883L_Simple Compass;

elapsedMillis elapsedTime;

//Variabel Untuk Sensor Arus
#define iinPin A9
int sensIin = 0;
float ave_I = 0;
float Arus = 0;
float Iin = 0;
float Ich = 0;

//Variabel Untuk Sensor Tegangan
//Tegangan Generator
#define vinPin A8
int sensVin = 0;
float ave_Vin = 0;
float Volt_in = 0;
float Vin = 0;
//Tegangan Pengisian
#define vchPin A11
int sensVch = 0;
float ave_Vch = 0;
float Volt_ch = 0;
float Vch = 0;
//Tegangan Baterai

```

```

#define vbtPin A10
int sensVbt = 0;
float ave_Vbt = 0;
float Volt_bt = 0;
float Vbt = 0;

//Variabel Untuk Sensor RPM
#define rpmPin 18

int period = 2000;
volatile int counter2 = 0;
unsigned int RPM;

//Variabel Untuk Sensor Anemometer
#define anePin 19

// Constants definitions
const float pi = 3.14159265; // pi number
int radius = 80, celah = 22;

//Variable
unsigned int rawRPM;
volatile int counter1;
float speedwind;

//Variabel Untuk Millis
unsigned long currMillis, oldMillis;

//Variabel Sensor Kompas
float heading;

//Konstanta Pengunci Logika
int a = 0, b = 0, c = 0;

//Konstanta Relay Switch
#define rlyPin1 52
#define switchCharging digitalWrite(rlyPin1, HIGH);
#define switchFull digitalWrite(rlyPin1, LOW);

int Vbt_full = 13;
int Vin_max = 15.5;
int Vin_min = 2;
int Vbt_min = 11.5;

void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    Serial.begin(9600);

```

```

Wire.begin();

lcd.begin (20, 4); // 20 x 4 LCD module
lcd.setBacklightPin(3, POSITIVE); // BL, BL_POL
lcd.setBacklight(LOW);
SHOW_WELCOME();
delay(1000);
lcd.clear();

adc = 3.85 / 1023;

serialBegin();
CompassSetup();
rpmSetup();
aneSetup();
voltSetup();
currSetup();
rlySetup();
}

//--Setup Sensor Kompas
void CompassSetup() {
    Compass.SetDeclination(29, 40, 'E');
    // Jakarta, 29° 40' EAST
    Compass.SetSamplingMode(COMPASS_SINGLE);
    Compass.SetScale(COMPASS_SCALE_190);
    Compass.SetOrientation(COMPASS_HORIZONTAL_X_NORTH);
}

//--Setup Serial Monitor
void serialBegin() {
    Serial.print("Vinput\t");
    Serial.print("Iinput\t");
    Serial.print("Vcharg\t");
    Serial.print("Icharg\t");
    Serial.print("Vbatte\t");
    Serial.print("WindSp\t");
    Serial.print("RPM1\t");
    Serial.print("Count1\t");
    Serial.print("GenSpe\t");
    Serial.print("Count2\t");
    Serial.println("WindDi\t");
}

//--Setup Sensor RPM
void rpmSetup() {
    pinMode(rpmPin, INPUT);

```

```

}

//--Setup Sensor Anemometer
void aneSetup() {
    pinMode(anePin, INPUT);
}

//--Setup Sensor Tegangan
void voltSetup() {
    pinMode(vinPin, INPUT);
    pinMode(vchPin, INPUT);
    pinMode(vbtPin, INPUT);
}

//--Setup Sensor Arus
void currSetup() {
    pinMode(iinPin, INPUT);
}

//--Setup Driver Relay Switching
void rlySetup() {
    pinMode(rlyPin1, OUTPUT);
}

//--Setup Tampilan Awal LCD
void SHOW_WELCOME() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1, 0);
    lcd.print("SISTEM PEMBANGKIT");
    lcd.setCursor(2, 1);
    lcd.print("LISTRIK DC TENAGA");
    lcd.setCursor(8, 2);
    lcd.print("ANGIN");
    lcd.setCursor(2, 3);
    lcd.print("BERBASIS ARDUINO");
    delay(1000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(6, 2);
    lcd.print("LOADING...");
    gprsSetup();
    delay(1000);
}

//--Setup GPRS Shield
void gprsSetup() {
    gprsSerial.begin(19200);
    Serial.begin(9600);
}

```



```

Serial.println("Config SIM900...");
delay(2000);
Serial.println("Done!...");
gprsSerial.flush();
Serial.flush();

// attach or detach from GPRS service
gprsSerial.println("AT+CGATT?");
delay(100);
toSerial();

// bearer settings
gprsSerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\",\"GPRS\"");
delay(2000);
toSerial();

// bearer settings
gprsSerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"indosatgprs\"");
delay(2000);
toSerial();

// bearer settings
gprsSerial.println("AT+SAPBR=0,1");
delay(2000);
toSerial();

gprsSerial.println("AT+SAPBR=1,1");
delay(2000);
toSerial();
}

void loop() {
  if ((a == 0) && (millis() - oldMillis >= 4000)) {
    a = 1;
    // initialize http service
    gprsSerial.println("AT+HTTPIPINIT");
    oldMillis = millis();
  }

  if ((a == 1) && (millis() - oldMillis >= 4000)) {
    a = 2;
    toSerial();

    readingVI();
    readingCompass();
  }
}

```

```

    readingWSpeed();
    readingRPM();

    if (elapsedTime > period) {
        calcVI();
        calcWSpeed();
        calcRPM();
        calcDirection();

        serialPrint();

        resetCounter();
        rlySwitchingCharging();
        lcdAmbilData();
        elapsedTime = 0;
    }
    // set http param value

    gprsSerial.print("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"api.thingspeak.com/update?
    api_key=LOJCJR1PIR269VM6&field1=");
        gprsSerial.print(Vin/*0*/);
        gprsSerial.print("&field2=");
        gprsSerial.print(Iin/*0*/);
        gprsSerial.print("&field3=");
        gprsSerial.print(Vch/*0*/);
        gprsSerial.print("&field4=");
        gprsSerial.print(Ich/*0*/);
        gprsSerial.print("&field5=");
        gprsSerial.print(Vbt);
        gprsSerial.print("&field6=");
        gprsSerial.print(speedwind/*0*/);
        gprsSerial.print("&field7=");
        gprsSerial.print(RPM/*0*/);
        gprsSerial.print("&field8=");
        gprsSerial.print(heading/**/);
        gprsSerial.println("\");
        oldMillis = millis();
    }

    if ((a == 2) && (millis() - oldMillis >= 6000)) {
        a = 3;
        toSerial();

        // set http action type 0 = GET, 1 = POST, 2 = HEAD
        gprsSerial.println("AT+HTTPACTION=0");
        oldMillis = millis();
    }

```

```

if ((a == 3) && (millis() - oldMillis >= 4000)) {
    a = 4;
    toSerial();

    // read server response
    gprsSerial.println("AT+HTTPREAD");
    oldMillis = millis();
}

if ((a == 4) && (millis() - oldMillis >= 4000)) {
    a = 5;
    toSerial();

    gprsSerial.println("");
    gprsSerial.println("AT+HTTPTERM");
    toSerial();
    oldMillis = millis();
}

if ((a == 5) && (millis() - oldMillis >= 4000)) {
    a = 0;
    gprsSerial.println("");
    lcdAmbilData();
    oldMillis = millis();
}
}

//--Mencetak Respon dari GPRS Shield ke Serial Monitor
void toSerial() {
    while (gprsSerial.available() != 0)
    {
        Serial.write(gprsSerial.read());
    }
}

//--Pembacaan Tegangan dan Arus oleh Sensor
void readingVI() {
    for (int i = 0; i < 100; i++) {
        sensIin = analogRead(iinPin);
        delayMicroseconds(10);
        sensIin = analogRead(iinPin);
        delayMicroseconds(10);
        ave_I += sensIin;

        sensVin = analogRead(vinPin);
        delayMicroseconds(10);
    }
}

```

```

    sensVin = analogRead(vinPin);
    delayMicroseconds(10);
    ave_Vin += sensVin;

    sensVch = analogRead(vchPin);
    delayMicroseconds(10);
    sensVch = analogRead(vchPin);
    delayMicroseconds(10);
    ave_Vch += sensVch;

    sensVbt = analogRead(vbtPin);
    delayMicroseconds(10);
    sensVbt = analogRead(vbtPin);
    delayMicroseconds(10);
    ave_Vbt += sensVbt;
}
ave_I = ave_I / 100;
ave_Vin = ave_Vin / 100;
ave_Vch = ave_Vch / 100;
ave_Vbt = ave_Vbt / 100;
}

void calcVI() {
    //--Kalkulasi Sensor Tegangan
    //--Tegangan Masukan
    Volt_in = (11 * adc);
    Vin = (Volt_in * ave_Vin);
    if (Vin < 0) {
        Vin = 0;
    }
    //--Tegangan Pengisian
    Volt_ch = (11 * adc);
    Vch = (Volt_ch * ave_Vch);
    if (Vch < 0) {
        Vch = 0;
    }
    //--Tegangan Baterai
    Volt_bt = (11 * adc);
    Vbt = Volt_bt * ave_Vbt;
    if (Vbt < 0) {
        Vbt = 0;
    }

    //--Kalkulasi Sensor Arus
    Iin = (ave_I * (3.85 / 1023.)); //(ave_I * adc);
    if (Iin < 0) {
        Iin = 0;
    }
}

```

```

    }

    Ich = (Vch - Vbt) / 10;
    if (Ich < 0) {
        Ich = 0;
    }
}

//--Pembacaan Arah Angin oleh Sensor
void readingCompass() {
    heading = Compass.GetHeadingDegrees();
}

//--Pembacaan Kecepatan Angin oleh Sensor
//--Counter Encoder Sensor Anemometer
void readingWSpeed() {
    attachInterrupt(4/*digitalPinToInterrupt(anePin)*/, counter1Up,
    RISING);
}

//--Kalkulasi Kecepatan Angin
void calcWSpeed() {
    rawRPM = (((counter1 / celah) * 60) / (6000 / 1000));
    speedwind = ((2 * pi * radius * rawRPM) / 60) / 1000;
    if (speedwind <= 0) {
        speedwind = 0;
    }
}

//--Pembacaan RPM oleh Sensor
//--Counter Encoder Sensor RPM
void readingRPM() {
    attachInterrupt(5/*digitalPinToInterrupt(rpmPin)*/, counter2Up,
    RISING);
}

void counter1Up() {
    counter1++;
}

//--Kalkulasi RPM
void calcRPM() {
    RPM = (counter2 * 60 / (2 * (6000 / 1000)));
    if (RPM <= 0) {
        RPM = 0;
    }
}

```

```

void counter2Up() {
    counter2++;
}

//Reset Counter
void resetCounter() {
    counter1 = 0;
    counter2 = 0;
}

//--Switching Relay
void rlySwitchingCharging() {
    if ((Vbt >= Vbt_full) && ((Vch >= Vin_max) || (Vin >= Vin_max))
    || ((Vch >= Vin_max) || (Vin >= Vin_max)) || (Vbt >= Vbt_full)) {
        switchFull;
    }
    if ((Vin >= Vin_min) && (Vbt < Vbt_full) && (Vch < Vin_max) ||
    (Vin < Vin_min) && (Vbt < Vbt_full) && (Vch < Vin_max)) {
        switchCharging;
    }
}

void serialPrint() {
    Serial.print(Vin);
    Serial.print("V\t");
    Serial.print(Iin);
    Serial.print("A\t");
    Serial.print(Vch);
    Serial.print("V\t");
    Serial.print(Ich);
    Serial.print("A\t");
    Serial.print(Vbt);
    Serial.print("V\t");
    Serial.print(speedwind);
    Serial.print("m/s\t");
    Serial.print(rawRPM);
    Serial.print("rpm\t");
    Serial.print(counter1);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(RPM);
    Serial.print("rpm\t");
    Serial.print(counter2);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(heading);
    Serial.println("deg\t");
}

```

```

void lcdKirimData1() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print("Data terkirim...");
}

void lcdAmbilData() {
    if ((b == 0) && (elapsedTime > 1000)) {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Vinp= ");
        lcd.print(Vin);
        lcd.print("V");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Vchr= ");
        lcd.print(Vch);
        lcd.print("V");
        lcd.setCursor(0, 2);
        lcd.print("Vbat= ");
        lcd.print(Vbt);
        lcd.print("V");
        lcd.setCursor(0, 3);
        lcd.print("Wsp = ");
        lcd.print(speedwind);
        lcd.print("");
        elapsedTime = 0;
        b = 0;
    }
}

```

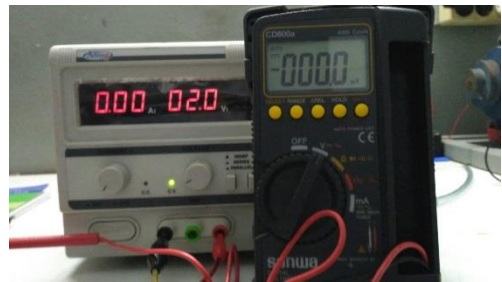
### Dokumentasi Pengujian Modul *Buck Boost Converter XL6009*



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 0V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 1V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 2V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 3V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 4V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 5V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 6V





Pengujian Dengan Tegangan Masukan 7V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 8V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 9V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 10V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 11V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 12V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 13V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 14V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 15V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 16V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 17V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 18V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 19V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 20V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 21V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 22V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 23V



Pengujian Dengan Tegangan Masukan 24V

## Dokumentasi Pengujian Sensor Tegangan



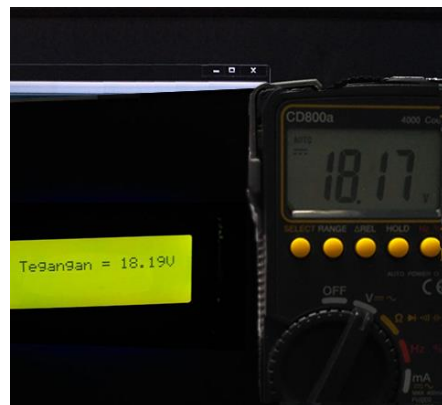
Pengukuran Tegangan 15V



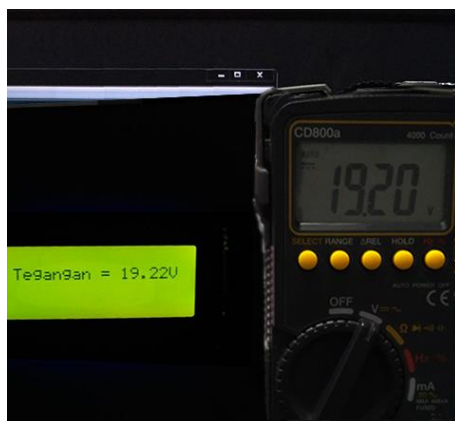
Pengukuran Tegangan 16V



Pengukuran Tegangan 17V



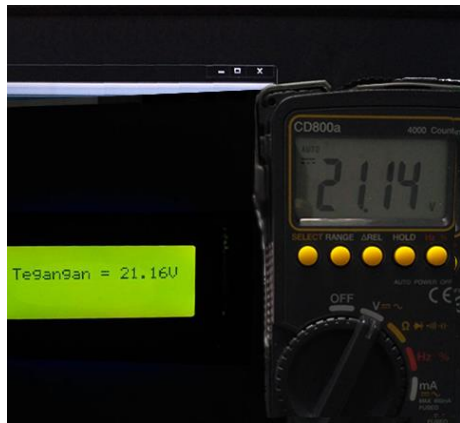
Pengukuran Tegangan 18V



Pengukuran Tegangan 19V



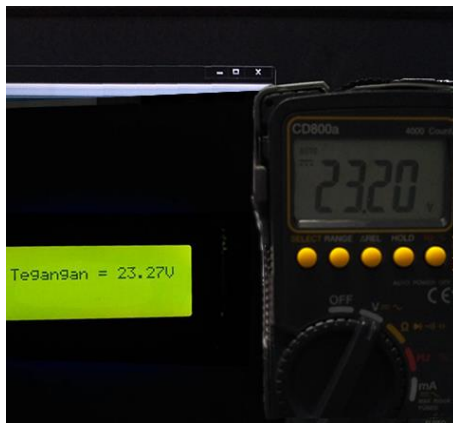
Pengukuran Tegangan 20V



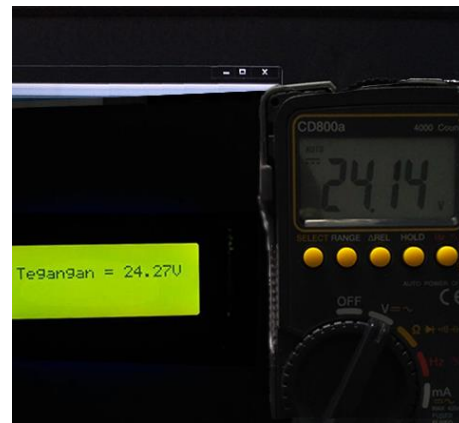
Pengukuran Tegangan 21V



Pengukuran Tegangan 22V



Pengukuran Tegangan 23V



Pengukuran Tegangan 24V



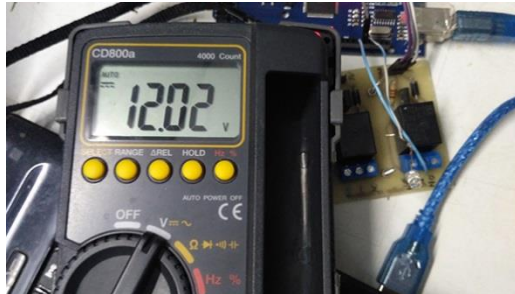
### Dokumentasi Pengujian *Relay Switch*



Relay Dalam Kondisi OFF Saat Tegangan 11V



Relay Dalam Kondisi OFF Saat Tegangan 11.5V



Relay Dalam Kondisi OFF Saat Tegangan 12V



Relay Dalam Kondisi OFF Saat Tegangan 12.5V



Relay Dalam Kondisi OFF Saat Tegangan 13V



Relay Dalam Kondisi OFF Saat Tegangan 13.5V



Relay Dalam Kondisi OFF Saat  
Tegangan 14V



Relay Dalam Kondisi OFF Saat  
Tegangan 14.5V



Relay Dalam Kondisi OFF Saat Tegangan 15V

### Dokumentasi Pengujian Sensor Anemometer



Pengukuran Kecepatan Angin 0.0 m/s dengan anemometer tangan



Pengukuran Kecepatan Angin 0.0 m/s dengan sensor anemometer



Pengukuran Kecepatan Angin 1.9 m/s dengan anemometer tangan



Pengukuran Kecepatan Angin 1.91 m/s dengan sensor anemometer



Pengukuran Kecepatan Angin 2.4 m/s dengan anemometer tangan



Pengukuran Kecepatan Angin 2.41 m/s dengan sensor anemometer



Pengukuran Kecepatan Angin 2.9 m/s dengan anemometer tangan



Pengukuran Kecepatan Angin 2.92 m/s dengan sensor anemometer



Pengukuran Kecepatan Angin 3.0 m/s dengan anemometer tangan



Pengukuran Kecepatan Angin 3.02 m/s dengan sensor anemometer



### Dokumentasi Pengujian Sensor Arus MAX471



Pengukuran Arus Dengan Sumber Tegangan 6V



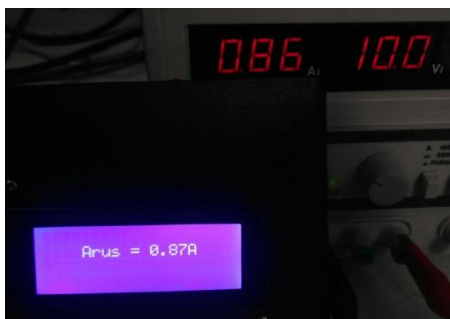
Pengukuran Arus Dengan Sumber Tegangan 7V



Pengukuran Arus Dengan Sumber Tegangan 8V



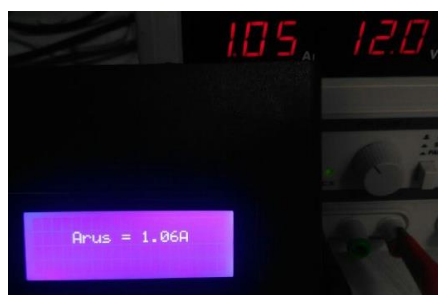
Pengukuran Arus Dengan Sumber Tegangan 9V



Pengukuran Arus Dengan Sumber Tegangan 10V



Pengukuran Arus Dengan Sumber Tegangan 11V



Pengukuran Arus Dengan Sumber Tegangan 12V



Pengukuran Arus Dengan Sumber Tegangan 13V



Pengukuran Arus Dengan Sumber  
Tegangan 14V



Pengukuran Arus Dengan Sumber  
Tegangan 15V

### Dokumentasi Pengujian Sensor Arah Angin



Pengujian Sensor Menghadap Utara  
(0°)



Pengujian Sensor Menghadap Timur  
Laut (45°)



Pengujian Sensor Menghadap Timur  
(90°)



Pengujian Sensor Menghadap  
Tenggara (135°)



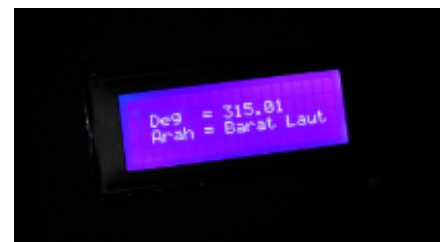
Pengujian Sensor Menghadap  
Selatan (180°)



Pengujian Sensor Menghadap Barat  
Daya (225°)



Pengujian Sensor Menghadap Barat  
(270°)



Pengujian Sensor Menghadap Barat  
Laut (315°)

## RIWAYAT HIDUP



Abdul Goffar Al Mubarak lahir di Cirebon, 26 Januari 1996, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Abdul Mutholib dan Ibu Asdianawaty. Memiliki dua adik, Rizqi Nurafiyah Al Mubaarokah dan Muhammad Nurfadlillah Al Mubaarok. Tinggal di Jalan Raya Tengah Tani Blok Masjid No. 123 RT03/02 Desa Dawuan Kec. Tengah Tani Kab. Cirebon. Riwayat pendidikan: TK Beringin Desa Dawuan, lulus tahun 2001; MI Darul Hikmah Kota Cirebon, lulus tahun 2007; SMP Negeri 2 Kota Cirebon, lulus tahun 2010; MAN Cirebon 1 Kab. Cirebon, lulus tahun 2013 dan melanjutkan studi ke Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika Universitas Negeri Jakarta. Pengalaman organisasi: Ketua Majelis Permusyawaratan Kelas MAN Cirebon 1 2012, Kepala Divisi Humas Forum Bidikmisi UNJ 2016, *Co-Founder* Greentastik. Penulis dapat dihubungi melalui telepon 085224703621, email [a.goffar.almubarak@gmail.com](mailto:a.goffar.almubarak@gmail.com), dan melalui blog personal di alamat <http://www.gomigiaalm.wordpress.com>.